



TUGAS AKHIR (RG-141536)

STUDI PERBANDINGAN KETELITIAN NILAI AZIMUTH MELALUI PENGAMATAN MATAHARI DAN GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS) TERHADAP TITIK BM REFERENSI (STUDI KASUS : KAMPUS ITS SUKOLILO)

MOHAMMAD LUAY MURTADLO
NRP 3512 100 068

DOSEN PEMBIMBING
Ir. YUWONO, MT.

JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017



TUGAS AKHIR (RG-141536)

**STUDI PERBANDINGAN KETELITIAN NILAI
AZIMUT MELALUI PENGAMATAN MATAHARI
DAN GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS)
TERHADAP TITIK BM REFERENSI
(STUDI KASUS : KAMPUS ITS SUKOLILO)**

MOHAMMAD LUAY MURTADLO
NRP 3512 100 068

DOSEN PEMBIMBING
Ir. YUWONO, MT.

JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017

"HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN"



FINAL ASSIGNMENT (RG-141536)

**COMPARISON STUDY OF AZIMUTH ACCURACY
USING SOLAR OBSERVATION AND GLOBAL -
POSITIONING SYSTEM (GPS) REFERENCE TO BM
POINT
(CASE STUDY : ITS CAMPUS, SUKOLILO)**

MOHAMMAD LUAY MURTADLO
NRP 3512 100 068

SUPERVISOR
Ir. YUWONO, MT.

DEPARTMENT OF GEOMATICS ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017

"HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN"

**STUDI PERBANDINGAN KETELITIAN NILAI
AZIMUT MELALUI PENGAMATAN MATAHARI DAN
GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS) TERHADAP
TITIK BM REFERENSI
(STUDI KASUS : KAMPUS ITS SUKOLILO)**

Nama Mahasiswa : Mohammad Luay Murtadlo
NRP : 3512 100 068
Jurusan : Teknik Geomatika FTSP – ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Yuwono, M.T.

Abstrak

Dalam melakukan penentuan posisi, tidak dapat mengabaikan yang namanya azimut. Padahal, pekerjaan-pekerjaan yang menyangkut kemampuan disiplin ilmu geodesi membutuhkan suatu penentuan azimut. Prinsip dalam menentukan azimut ada beberapa cara, antara lain dengan melakukan pengamatan benda - benda langit atau dengan dua titik pengukuran yang sudah diketahui koordinatnya.

Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk pengamatan matahari menggunakan metode tinggi matahari, sedangkan untuk pengamatan GPS menggunakan metode diferensial yang diikatkan di titik CORS (Continuously Operating Reference Stations) ITS. Metode tinggi matahari dipilih karena memiliki keunggulan pengamatannya dapat dilakukan saat waktu pagi dan sore, sedangkan metode diferensial dipilih karena memiliki keunggulan dapat mengeliminir atau mereduksi pengaruh dari beberapa kesalahan dan bias (Abidin,2007).

Dari hasil perhitungan tiga nilai azimut dari pengamatan matahari memberikan rata – rata ketelitian sebesar 4 menit 48,5 detik dan hasil dari pengamatan *Global Positioning System* (GPS) memberikan nilai rata – rata ketelitian sebesar 7,24 detik terhadap tiga nilai azimut dari dua titik BM referensi. Nilai azimut

pengamatan GPS lebih teliti daripada pengamatan tinggi matahari yang dibandingkan terhadap nilai azimuth dari dua titik BM referensi.

Kata Kunci : Azimut, Tinggi Matahari, *Global Positioning System* (GPS)

COMPARISON STUDY OF AZIMUTH VALUE ACCURACY USING SOLAR OBSERVATION AND GPS OBSERVATION FOR BENCHMARK REFERENCE POINT (CASE STUDY : ITS CAMPUS, SUKOLILO)

Student Name : Mohammad Luay Murtadlo
Reg. Number : 3512 100 068
Department : Teknik Geomatika FTSP – ITS
Supervisor : Ir. Yuwono, M.T.

Abstract

In doing the determination of position, cannot ignore the name of the azimuth. In fact, the works relating to the ability of the geodetic disciplines require a determination of the azimuth. There are several ways to determine the azimuth, such as by observing celestial objects or with two measuring points of known coordinates

On the research methods used in for observation of the Solar using the altitude method, while for GPS observations using the differential method are tied at point CORS (continuously operating reference stations). The Altitude method was chosen because it has the advantage of his observations can be done in the morning and afternoon until dusk, while the differential method was chosen because it has the edge can eliminate or reduce the effects of some errors and bias (Abidin, 2007).

From the results of calculation of azimuth values from three observations Sun gave a mean average precision by 4 minutes 48,5 seconds and with observations of the Global Positioning System (GPS) provide value average precision of 7,24 seconds against three azimuth values from two point Benchmark reference. GPS observation of azimuth values are more thorough than the Sun observations compared against the value of the azimuth from two point Benchmark reference.

**Keywords: Azimuth, Altitude, Global Positioning System
(GPS)**

"HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN"

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PERBANDINGAN KETELITIAN NILAI AZIMUT MELALUI PENGAMATAN MATAHARI DAN GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS) TERHADAP TITIK BM REFERENSI (STUDI KASUS : KAMPUS ITS SUKOLILO)

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

**MOHAMMAD LUAY MURTADLO
NRP. 3512 100 068**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



SURABAYA, JANUARI 2017

"HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN"

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, puja dan puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, yang atas rahmat-Nya maka penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul ***“STUDI PERBANDINGAN KETELITIAN NILAI AZIMUT MELALUI PENGAMATAN MATAHARI DAN GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS) TERHADAP TITIK BM REFERENSI (STUDI KASUS : KAMPUS ITS SUKOLILO)”*** ini dapat diselesaikan dengan lancar tanpa adanya halangan yang berarti.

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam memperoleh derajat kesarjanaan Strata – 1 pada Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Ucapan tersebut ditujukan kepada :

1. Kedua orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan dukungan dan do'a restu.
2. Bapak Mokhamad Nur Cahyadi, S.T., M.Sc., Ph.D. sebagai Ketua Jurusan Teknik Geomatika ITS
3. Bapak Ir. Yuwono, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu untuk membantu pelaksanaan penelitian ini
4. Dosen di Jurusan Teknik Geomatika yang telah meluangkan waktu untuk memberikan saran dan masukan dalam pelaksanaan penelitian ini.

5. Laboran Geodesy & Surveying Jurusan Teknik Geomatika yang telah memfasilitasi dan mendampingi pengukuran dalam penelitian ini.
6. Civitas akademik Jurusan Teknik Geomatika dan pihak – pihak yang tidak mungkin dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Keluarga besar G14 dan GEOID 2012 yang telah banyak memberikan dukungan dan membantu menyelesaikan penelitian Tugas Akhir ini.
8. Seluruh warga HIMAGE-ITS yang telah banyak membantu menyelesaikan penelitian Tugas Akhir ini.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini, penulis merasa masih banyak kekurangan baik dalam teknis penulisan maupun materi yang tercantum didalamnya. Untuk itu kritik dan saran dari semua pihak sangat diharapkan demi penyempurnaan pembuatan laporan ini. Akhir kata penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca pada umumnya dan mahasiswa Jurusan Teknik Geomatika pada khususnya.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| Abstrak | v |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | ix |
| KATA PENGANTAR..... | xi |
| DAFTAR ISI | xiii |
| DAFTAR GAMBAR..... | xvii |
| DAFTAR TABEL | xix |
| DAFTAR LAMPIRAN | xxiii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Permasalahan | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 2 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Azimut..... | 5 |
| 2.2 Pengukuran Azimut Matahari | 6 |
| 2.2.1 Penentuan Azimut Matahari Dengan Tinggi Matahari | 7 |
| 2.2.2 Metode Pengamatan Tinggi Matahari..... | 9 |
| 2.2.3 Koreksi – Koreksi Yang Diberikan Kepada Hasil Pengamatan..... | 11 |
| 2.2.4 Penentuan Azimut Antara Dua Titik..... | 13 |
| 2.3 Pengertian <i>Global Positioning System</i> (GPS) | 14 |
| 2.4 Metode Penentuan Posisi Menggunakan GPS | 16 |

| | |
|--|-----------|
| 2.4.1 Metode Absolut..... | 17 |
| 2.4.2 Metode Relatif | 17 |
| 2.4.3 Penentuan Azimut Dengan Alat GPS | 21 |
| 2.5 Ketelitian Pengamatan | 25 |
| 2.5.1 Kesalahan..... | 25 |
| 2.5.2 Ketelitian dan Keseksamaan | 26 |
| 2.5.3 Varian, Kesalahan Baku | 27 |
| 2.6 Penelitian Terdahulu | 28 |
| BAB III METODELOGI PENELITIAN | 29 |
| 3.1 Lokasi Penelitian..... | 29 |
| 3.2 Data dan Peralatan..... | 30 |
| 3.2.1 Data..... | 30 |
| 3.2.2 Peralatan..... | 30 |
| 3.3 Metodologi Penelitian | 31 |
| 3.3.1 Tahapan Pelaksanaan..... | 31 |
| BAB IV HASIL DAN ANALISA..... | 37 |
| 4.1 Hasil Pengamatan Matahari | 37 |
| 4.1.1 Hasil Pengamatan Tinggi Matahari PRF – GPS03 | 37 |
| 4.1.2 Hasil Pengamatan Tinggi Matahari GPS03 – PPR | 39 |
| 4.1.3 Hasil Pengamatan Tinggi Matahari PPR – PLE | 41 |
| 4.2 Hasil Perhitungan Azimut Metode Tinggi Matahari..... | 44 |
| 4.2.1 Perhitungan Azimut PRF – GPS03..... | 44 |
| 4.2.2 Perhitungan Azimut GPS03 – PPR..... | 47 |
| 4.2.3 Perhitungan Azimut PPR – PLE..... | 49 |

| | |
|---|----|
| 4.3 Hasil Pengamatan Global Positioning System (GPS) | 50 |
| 4.4 Hasil Perhitungan Azimut BM Referensi..... | 54 |
| 4.5 Perbandingan Hasil Perhitungan Koreksi Data | 55 |
| 4.5.1 Ditinjau Dari Suhu Yang Sama..... | 56 |
| 4.5.2 Ditinjau Dari Tekanan Udara Yang Sama | 56 |
| 4.6 Perbandingan Ketelitian Tiap Pengamatan | 57 |
| 4.7 Perhitungan Tingkat Ketelitian Terhadap Azimut BM Referensi | 58 |
| 4.7.1 Perhitungan Ketelitian Nilai Azimut Melalui Pengamatan Matahari | 59 |
| 4.7.2 Perhitungan Ketelitian Nilai Azimut Melalui Pengamatan GPS | 59 |
| 4.7.3 Perhitungan Ketelitian Interval Per 10 Menit Tiap Metode | 61 |
| 4.8 Analisa Ketelitian Nilai Azimut..... | 63 |
| 4.9 Jarak Penyimpangan Azimut Tiap Metode Terhadap Azimut BM Referensi | 69 |
| BAB V KESIMPULAN | 73 |
| 5.1 Kesimpulan | 73 |
| 5.2 Saran..... | 73 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |
| BIODATA PENULIS | |

"HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN"

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2. 1 Diagram utara sebenarnya, utara magnetis, dan utara grid..... | 5 |
| Gambar 2. 2 Hubungan azimut matahari dengan azimut dipermukaan bumi..... | 7 |
| Gambar 2. 3 Ilustrasi segitiga bola dalam penentuan azimut matahari | 8 |
| Gambar 2. 4 Susunan prisma Roelof (Kartawiharja, 1988)..... | 10 |
| Gambar 2. 5 Prisma Roelof (Kartawiharja, 1988)..... | 11 |
| Gambar 2. 6 Ilustrasi pengaruh refraksi (Kartawiharja, 1988) | 12 |
| Gambar 2. 7 Satelit – satelit GPS | 15 |
| Gambar 2. 8 Metode Penentuan Posisi Menggunakan GPS..... | 16 |
| Gambar 3. 1 Lokasi pengukuran di kawasan Kampus ITS Sukolilo, Surabaya | 29 |
| Gambar 3. 2 Alur Tahap Pekerjaan | 31 |
| Gambar 3. 3 Proses Perhitungan Azimut Pengamatan Tinggi Matahari..... | 33 |
| Gambar 4.1 Grafik Ketelitian Azimut Melalui Pengamatan Matahari Terhadap BM Referensi | 64 |
| Gambar 4.2 Grafik Ketelitian Azimut PRF-GPS03 Terhadap BM Referensi..... | 64 |
| Gambar 4.3 Grafik Ketelitian Azimut GPS03-PPR Terhadap BM Referensi..... | 65 |
| Gambar 4.4 Grafik Ketelitian Azimut PPR-PLR Terhadap BM Referensi..... | 66 |
| Gambar 4. 5 Grafik Ketelitian Nilai Azimut PRF-GPS03 Interval Per 10 Menit Tiap Metode Terhadap Azimut BM Referensi..... | 66 |
| Gambar 4. 6 Grafik Ketelitian Nilai Azimut PRF-GPS03 Interval Per 10 Menit (a) Melalui Pengamatan Matahari dan (b) Melalui Pengamatan GPS | 67 |
| Gambar 4. 7 Grafik Ketelitian Nilai Azimut GPS03-PPR Interval Per 10 Menit Tiap Metode Terhadap Azimut BM Referensi..... | 67 |

Gambar 4. 8 Grafik Keteltian Nilai Azimut GPS03-PPR Interval Per 10 Menit (a) Melalui Pengamatan Matahari dan (b) Melalui Pengamatan GPS68

Gambar 4. 9 Grafik Keteltian Nilai Azimut PPR-PLE Interval Per 10 Menit Tiap MetodeTehadap Azimut BM Referensi68

Gambar 4. 10 Grafik Keteltian Nilai Azimut PPR-PLE Interval Per 10 Menit (a) Melalui Pengamatan Matahari dan (b) Melalui Pengamatan GPS69

Gambar 4.11 Ilustrasi Jarak Penyimpangan Azimut Tiap Metode Terhadap Azimut BM Referensi.....70

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2. 1 Metode Penentuan Posisi Menggunakan GPS..... | 17 |
| Tabel 4. 1 Bacaan horisontal dan vertikal pengamatan PRF – GPS03 sesi 1 | 38 |
| Tabel 4. 2 Bacaan horisontal dan vertikal pengamatan PRF – GPS03 sesi 2 | 38 |
| Tabel 4. 3 Bacaan horisontal dan vertikal pengamatan GPS03 – PPR sesi 1 | 40 |
| Tabel 4. 4 Bacaan horisontal dan vertikal pengamatan GPS03 – PPR sesi 2 | 41 |
| Tabel 4. 5 Bacaan horisontal dan vertikal pengamatan PPR – PLE sesi 1 | 43 |
| Tabel 4. 6 Bacaan horisontal dan vertikal pengamatan PPR – PLE sesi 2 | 44 |
| Tabel 4. 7 Hasil perhitungan azimuth dengan metode tinggi matahari PRF – GPS03 sesi 1..... | 46 |
| Tabel 4. 8 Hasil perhitungan azimuth dengan metode tinggi matahari PRF – GPS03 sesi 2..... | 46 |
| Tabel 4. 9 Hasil perhitungan azimuth dengan metode tinggi matahari GPS03 – PPR sesi 1..... | 47 |
| Tabel 4. 10 Hasil perhitungan azimuth dengan metode tinggi matahari GPS03 – PPR sesi 2..... | 48 |
| Tabel 4. 11 Hasil perhitungan azimuth dengan metode tinggi matahari PPR – PLE sesi 1 | 49 |
| Tabel 4. 12 Hasil perhitungan azimuth dengan metode tinggi matahari PPR – PLE sesi 2..... | 50 |
| Tabel 4. 13 Koordinat Interval 30 Menit sesi 1 | 51 |
| Tabel 4. 14 Azimut Interval 30 Menit sesi 1 | 51 |
| Tabel 4. 15 Koordinat Interval 30 Menit sesi 2..... | 51 |
| Tabel 4. 16 Azimut Interval 30 Menit sesi 2 | 52 |
| Tabel 4. 17 Koordinat Interval 1 Jam sesi 2..... | 52 |
| Tabel 4. 18 Azimut Interval 1 Jam sesi 1 | 52 |
| Tabel 4. 19 Koordinat Interval 1 Jam sesi 2 | 53 |

| | |
|--|----|
| Tabel 4. 20 Azimut Interval 1 Jam sesi 2 | 53 |
| Tabel 4. 21 Koordinat Interval 2 Jam sesi 1 | 53 |
| Tabel 4. 22 Azimut Interval 2 Jam sesi 1 | 54 |
| Tabel 4. 23 Koordinat Interval 2 Jam sesi 2 | 54 |
| Tabel 4. 24 Azimut Interval 2 Jam sesi 2 | 54 |
| Tabel 4. 25 Koordinat BM Referensi | 55 |
| Tabel 4. 26 Azimut BM Referensi..... | 55 |
| Tabel 4. 27 Hasil Perhitungan Koreksi Refraksi Ditinjau Dari Suhu Yang Sama..... | 56 |
| Tabel 4. 28 Hasil Perhitungan Koreksi Refraksi Ditinjau Dari Tekanan Udara Yang Sama | 56 |
| Tabel 4. 29 Hasil Perbandingan Ketelitian Pengamatan PRF-GPS03 | 57 |
| Tabel 4. 30 Hasil Perbandingan Ketelitian Pengamatan GPS03-PPR | 58 |
| Tabel 4. 31 Hasil Perbandingan Ketelitian Pengamatan PPR-PLE .. | 58 |
| Tabel 4. 32 Hasil Perbandingan Nilai Azimut Melalui Pengamatan Matahari..... | 59 |
| Tabel 4. 33 Hasil Perbandingan Nilai Azimut PRF-GPS03 Melalui Pengamatan GPS | 60 |
| Tabel 4. 34 Hasil Perbandingan Nilai Azimut GPS03-PPR Melalui Pengamatan GPS | 60 |
| Tabel 4. 35 Hasil Perbandingan Nilai Azimut PPR-PLE Melalui Pengamatan GPS | 61 |
| Tabel 4. 36 Hasil Perbandingan Nilai Azimut PRF-GPS03 Interval 10 Menit | 61 |
| Tabel 4. 37 Hasil Perbandingan Nilai Azimut GPS03-PPR Interval 10 Menit | 62 |
| Tabel 4. 38 Hasil Perbandingan Nilai Azimut PPR-PLE Interval 10 Menit | 62 |
| Tabel 4. 39 Hasil Perbandingan Nilai Azimut PRF-GPS03 Interval 20 Menit | 62 |

Tabel 4. 40 Hasil Perbandingan Nilai Azimut GPS03-PPR Interval 20 Menit63

Tabel 4. 41 Hasil Perbandingan Nilai Azimut PPR-PLE Interval 20 Menit63

Tabel 4. 42 Jarak Penyimpangan Azimut PRF-GPS03 Terhadap Azimut BM Referensi.....70

Tabel 4. 43 Jarak Penyimpangan Azimut GPS03-PPR Terhadap Titik Acuan BM Referensi71

Tabel 4. 44 Jarak Penyimpangan Azimut PPR-PLE Terhadap Titik Acuan BM Referensi71

"HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN"

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Spesifikasi *Electronic Digital Theodolite* SOKKIA DT510A

Lampiran 2. Spesifikasi Receiver GPS Geodetic Dual frequency Topcon Hiperpro

”HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sejak ratusan tahun yang lalu peradaban manusia sudah menggunakan benda-benda langit seperti matahari dan bintang untuk menentukan posisi suatu titik. Para pelaut mula-mula, menggunakan gugusan bintang-bintang di langit sebagai papan penunjuk jalan. Jauh sesudah itu seorang astronomer dan matematikawan berkebangsaan Arab, Al-Khwarizmi dengan teori aljabarnya, pada tahun 800-an membuat model matematik untuk menentukan posisi dengan rumus yang sekarang dikenal dengan ilmu ukur sudut atau trigonometri. Semenjak itulah orang melakukan pengamatan bintang yang lebih akurat untuk menentukan posisi kapal di malam hari dan sekaligus juga pembuatan peta. Dalam melakukan penentuan posisi, tidak dapat mengabaikan yang namanya azimut. Padahal, pekerjaan-pekerjaan yang menyangkut kemampuan disiplin ilmu geodesi membutuhkan suatu penentuan azimut.

Prinsip dalam menentukan azimut ada beberapa cara, antara lain dengan melakukan pengamatan benda-benda langit, yang umum dilakukan ialah terhadap matahari dan bintang. Selain itu dengan dua titik pengukuran yang sudah diketahui koordinatnya, dimana koordinat diperoleh dengan melakukan pengukuran menggunakan pengamatan *Global Positioning System* (GPS). Adapun dalam pengamatan matahari terdapat banyak metode antara lain metode tinggi matahari, metode sudut waktu, dan metode pengamatan matahari pada tinggi yang sama. Sedangkan dalam pengamatan GPS banyak metode yang dapat digunakan, antara lain absolut, diferensial, *post-*

processing, statik, pseudo-kinematik, kinematik, statik singkat, *stop-and-go*, dan *real time*.

Pada penelitian ini metode digunakan untuk pengamatan matahari menggunakan metode tinggi matahari, sedangkan untuk pengamatan GPS menggunakan metode diferensial yang diikatkan di titik CORS (*Continuously Operating Reference Stations*) ITS. Metode tinggi matahari dipilih karena memiliki keunggulan pengamatannya dapat dilakukan pagi dan sore. Dan metode diferensial dipilih karena memiliki keunggulan dapat mengeliminir atau mereduksi pengaruh dari beberapa kesalahan dan bias (Abidin,2007).

1.2 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

“Bagaimana ketelitian nilai azimuth antara dua titik dengan pengamatan matahari dan pengamatan GPS yang dibandingkan dengan nilai azimuth dari titik BM referensi”.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Waktu pengamatan pada pengamatan matahari dan pengamatan GPS dikondisikan di waktu yang sama tiap pengamatannya
2. Kondisi lokasi pengamatan dianggap statik atau sama selama penelitian ini.
3. Variabel awan, cuaca dan atmosfer untuk pengamatan GPS diabaikan.
4. Data yang dianggap benar adalah azimuth koordinat BM Referensi dari buku tugu ITS, sehingga data dari hasil pengamatan matahari dan pengamatan GPS akan dibandingkan dengan data tersebut.
5. Azimut yang dibandingkan terhadap azimuth koordinat BM Referensi adalah azimuth PRF – GPS03, azimuth GPS03 – PPR, dan azimuth PPR – PLE.

6. Pengamatan matahari dilakukan dengan menggunakan prisma Roelofs.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini, adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui metode yang lebih teliti dalam penentuan azimuth.
2. Mengetahui berapa ketelitian nilai azimuth yang diperoleh dari pengamatan matahari terhadap azimuth dua titik BM referensi.
3. Mengetahui berapa ketelitian nilai azimuth yang diperoleh dari pengamatan GPS terhadap azimuth dua titik BM referensi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin diperoleh dalam penelitian ini, yaitu:

1. Mempelajari secara langsung mengenai proses penghitungan azimuth dari pengamatan matahari menggunakan metode tinggi matahari.
2. Informasi tentang ketelitian nilai azimuth yang diperoleh dari pengamatan matahari dan pengamatan dengan alat GPS dapat digunakan sebagai referensi untuk penentuan nilai azimuth dalam sebuah pengukuran terestris.
3. Informasi keunggulan dan kekurangan pengamatan matahari dengan pengamatan GPS dalam penentuan nilai azimuth dapat digunakan sebagai referensi pemilihan metode yang tepat guna untuk kasus yang berbeda di masa yang akan datang.

"HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN"

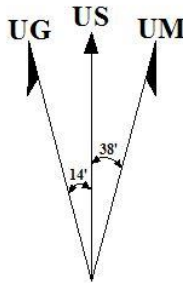
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Azimut

Azimut adalah arah titik yang satu dengan titik berikutnya, membentuk sudut horisontal terhadap arah utara, dihitung dari 0° searah jarum jam. Ada tiga macam azimut yaitu (Purwaamijaya, 2008):

- a) Azimut Sebenarnya, yaitu besar sudut yang dibentuk antara utara sebenarnya dengan titik sasaran;
- b) Azimut Magnetis, yaitu sudut yang dibentuk antara utara kompas dengan titik sasaran;
- c) Azimut Grid, yaitu besar sudut yang dibentuk antara utara peta dengan titik sasaran.



Gambar 2. 1 Diagram utara sebenarnya, utara magnetis, dan utara grid

Dimana :

- US = Utara Sebenarnya
- UM = Utara magnetik
- UG = Utara grid (UTM)

Ada beberapa cara untuk mendapatkan azimut:

1. Azimut dengan kompas, dengan membaca sudut yang dibentuk oleh jarum magnet dengan arah utara kompas. Pengukuran azimut ini dipengaruhi oleh logam – logam (besi, nikel) yang berada di dekat pengukuran. Dalam pekerjaan pengukuran yang sederhana, maka pengukuran azimut awal ataupun akhirnya hanya dilakukan dengan menggunakan alat penunjuk arah Utara (kompas). Umumnya azimut magnetis jenis ini dikenal dengan nama sudut jurusan.
2. Azimut dengan dua titik pengukuran yang sudah diketahui koordinatnya (X,Y) atau triangulasi, misalnya titik A dan B, menggunakan rumus:

$$\alpha_{AB} = \tan^{-1} \frac{X_B - X_A}{Y_B - Y_A}$$

Dimana :

X_A, X_B = koordinat *easting* (dalam meter)

Y_A, Y_B = koordinat *northing* (dalam meter)

α_{AB} = azimut titik A ke titik B

3. Azimut dengan pengamatan astronomis yaitu dengan mengamati benda – benda langit seperti bintang dan matahari.

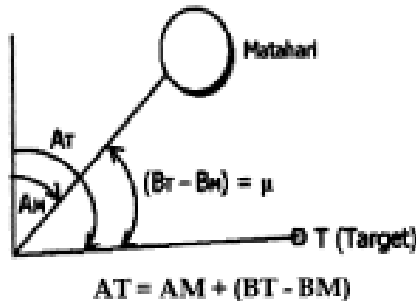
2.2 Pengukuran Azimut Matahari

Pengukuran azimut matahari adalah pengukuran yang dilakukan untuk mendapatkan azimut geografi, dimana azimut ke satu titik ditentukan berdasarkan referensi meridian bumi. Jadi, maksud dan tujuan dari pengukuran azimut matahari adalah :

- a) Untuk mendefinisikan azimut awal,

b) Untuk kontrol ukuran.

Hubungan antara azimut matahari (AM) dengan azimut suatu garis dipermukaan bumi adalah sebagai berikut:



Gambar 2. 2 Hubungan azimut matahari dengan azimut dipermukaan bumi

Dimana :

AT = azimut garis di permukaan bumi (dalam derajat)

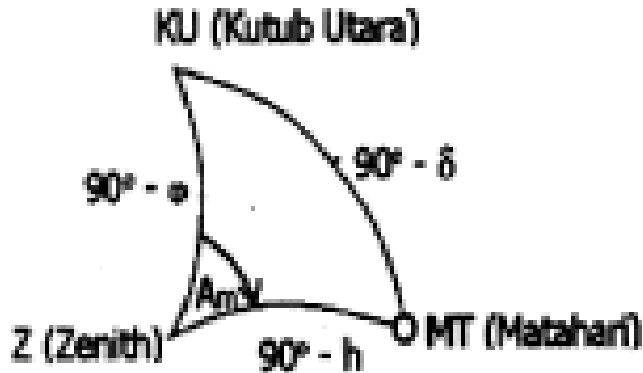
AM = azimut pusat matahari (dalam derajat)

BT = bacaan lingkaran horisontal ke arah target (dalam derajat)

BM = bacaan lingkaran horisontal ke arah pusat matahari (dalam derajat)

2.2.1 Penentuan Azimut Matahari Dengan Tinggi Matahari.

Untuk dapat menentukan besarnya azimut matahari dengan tinggi matahari dapat dilihat segitiga bola berikut ini :



Gambar 2. 3 Ilustrasi segitiga bola dalam penentuan azimuth matahari

Dimana :

AM = Azimut Matahari (dalam derajat)

h = tinggi matahari saat pengamatan (dalam derajat)

δ = deklinasi matahari (dalam derajat)

φ = lintang pengamat (dalam derajat)

Besarnya azimuth matahari dengan tinggi matahari dapat ditentukan dari rumus (Kartawiharja, 1988) :

$$\cos AM = \frac{\sin \delta - \sin \varphi \sin h}{\cos \varphi \cos h} \quad (2.2)$$

Dimana : Am = sudut antara KU – Z – Matahari

Perlu diperhatikan, bahwa hubungan antara sudut Am dengan azimuth pusat matahari dapat diturunkan sebagai berikut :

- Pengamatan pagi hari, matahari di Timur, $AM = A_m$
- Pengamatan sore hari, matahari di Barat, $AM = 360^\circ - A_m$
- δ = deklinasi matahari yang didapat dari tabel deklinasi, dihitung dari ekuator ke matahari.
Positif (+) untuk Utara Ekuator
Negatif (-) untuk Selatan Ekuator
- ϕ = lintang tempat pengamat, yang didapat dari hasil interpolasi pada peta topografi dihitung dari Ekuator ke arah Zenith.
Positif (+) untuk Utara Ekuator
Negatif (-) untuk Selatan Ekuator
- h = tinggi matahari (sudut miring) yang didapat dari hasil pengukuran sudut vertikal di lapangan.

2.2.2 Metode Pengamatan Tinggi Matahari

Penentuan tinggi matahari (h) dan bacaan lingkaran horisontal ke arah matahari (BM) dapat dilakukan dengan 3 cara, yaitu :

A. Pengamatan Cara Ditadah

Pengamatan dengan cara ditadah dilakukan dengan cara menempatkan tabir (kertas tadah) yang dipegang di belakang lensa okuler. Dalam melakukan pengukuran matahari yang dibidik adalah tepi – tepi matahari, dimana pembidikan ke tepi atas/bawah matahari adalah untuk pengukuran sudut vertikal (tinggi matahari) sedangkan pembidikan ke tepi kiri dan kanan dimaksudkan untuk pengukuran jurusan/sudut horisontal. Dengan demikian untuk mendapatkan bidikan ke pusat matahari, maka sudut vertikal tepi matahari harus diberi koreksi dengan $\pm \frac{1}{2}d$ (d = garis tengah matahari dalam derajat) dan

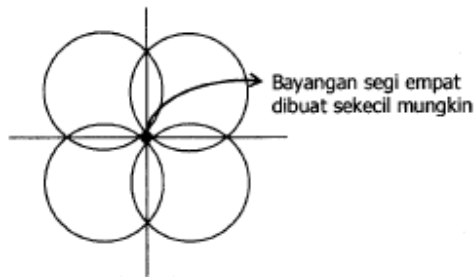
sudut horisontal untuk azimuth pusat matahari harus dikoreksi dengan $\pm \frac{1}{2}d'$ dimana $\frac{1}{2}d' = \frac{1}{2}d/\cos h$.

B. Pengamatan Diteropong Memakai Kaca Hitam

Pengamatan dengan diteropong dilakukan dengan melengkapi lensa okuler dengan kaca hitam yang dimaksudkan agar matahari dapat diamati langsung dari okuler. Perhitungan untuk mendapatkan azimuth matahari dengan diteropong sama dengan perhitungan matahari cara ditadah, hanya perbedaanya terletak pada saat pemberian tanda \pm untuk koreksi $\frac{1}{2}d$ dan $\frac{1}{2}d'$.

C. Pengamatan Dengan Prisma Roelof

Pengamatan dengan prisma Roelof dilakukan dengan membidik langsung pusat matahari, sehingga koreksi sebesar $\pm \frac{1}{2}d$ dan $\frac{1}{2}d'$ tidak ada. Pembidikan ke pusat matahari dilakukan dengan membuat bayangan yang simetris dari keempat bayangan *overlay* dan diusahakan bintik hitam yang merupakan perpotongan keempat bayangan matahari sekecil mungkin, kemudian bidikkan bintik hitam tersebut pada matahari.



Gambar 2. 4 Susunan prisma Roelof (Kartawiharja, 1988)



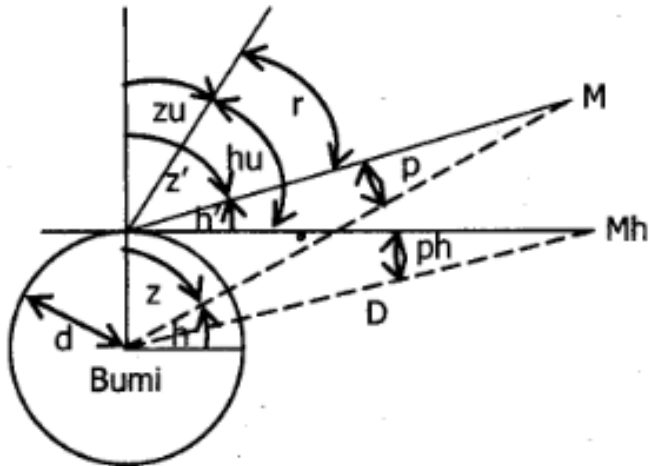
Gambar 2. 5 Prisma Roelof

2.2.3 Koreksi – Koreksi Yang Diberikan Kepada Hasil Pengamatan

Adapun koreksi – koreksi yang diberikan kepada hasil pengamatan adalah :

A. Koreksi karena pengaruh Refraksi (r)

Sinar matahari yang masuk teropong telah melalui lapisan udara yang bersifat melengkungkan sinar. Jadi, sudut miring yang diukur (h_u) bukanlah sudut miring yang sebenarnya dari matahari. Koreksi terhadap harga ukuran (h_u) untuk mendapatkan sudut miring yang sebenarnya dinamakan koreksi refraksi. Koreksi ini selalu harus dikurangkan dari sudut miring atau ditambah bila yang diukur adalah sudut zenith. Perhatikan gambar berikut:



Gambar 2. 6 Ilustrasi pengaruh refraksi (Kartawiharja, 1988)

Besarnya koreksi refraksi dapat dihitung berdasarkan sudut miring yang diukur, temperature, tekanan udara/tinggi tempat pengamat. Untuk harga-harga tersebut telah ditabelkan dalam buku Almanak Matahari dan Bintang. Koreksi refraksi (r) dihitung dengan rumus:

$$r = r_m \cdot C_p \cdot C_t \quad (2.3)$$

dimana :

r_m = refraksi normal, pada tekanan udara 760 mm Hg,

Temperature 10°C dan kelembaban nisbi 60%.

$$C_p = p/760 \quad (2.4)$$

$$C_t = 283/(273+t) \quad (2.5)$$

p = tekanan yang diukur dalam mm Hg

t = temperatur yang diukur dalam $^\circ\text{C}$.

r_m , C_p dan C_t dapat dicari dari Almanak Matahari.

B. Koreksi karena Paralaks (p)

Selain koreksi terhadap refraksi, hasil pengamatan harus direduksi terhadap paralaks, yaitu ukuran yang diukur pada permukaan bumi (toposentris) harus direduksi sehingga seakan - akan diukur dari pusat bumi (geosentris). Untuk pengamatan matahari koreksi paralaks ini cukup besar dan harus diperhitungkan. Koreksi paralaks terbesar ialah pada waktu matahari berada di horizon dan dinamakan paralaks horizontal p_h . Besarnya paralaks (p) bila sudut miring adalah h , didapat dari hubungan rumus berikut:

$$p = p_h \cdot \cos h \quad (2.6)$$

dimana :

p = paralaks

p_h = paralaks horizontal

h = healing ukuran

Besarnya p_h tergantung dari jarak bumi ke matahari yang berubah-ubah dan berkisar antara $8,66''$ sampai $8,95''$. Untuk p_h dapat dipakai harga rata - rata $8,80''$, sehingga harga p dapat dihitung langsung memakai rumus di atas , tetapi dapat juga menggunakan tabel Almanak Matahari.

2.2.4 Penentuan Azimut Antara Dua Titik

Untuk menentukan azimut suatu garis di lapangan, maka garis tersebut di lapangan umumnya ditandai dengan dua buah patok di kedua ujung garis tersebut. Misal garis tersebut di ujungnya diberi nam O dan P, maka prosedur pengamatan adalah sebagai berikut :

- Dirikan alat ukur theodolit di titik O, dan buat sumbu satu vertikal.
- Bidikkan teropong dalam keadaan biasa ke titik P dan baca lingkaran horisontalnya. Bila theodolit yang digunakan jenis repitisi maka ke arah titik P ini dapat dibuat pembacaan nol.
- Buka klem horisontal dan vertikal, bidikkan teropong ke matahari. Baca waktu, lingkaran horisontal dan vertikal.
- Buka klem horisontal dan vertikal, teropong diputar balik menjadi luar biasa dan bidikkan ke matahari seperti langkah sebelumnya dan baca waktu, lingkaran horisontal dan vertikal.
- Bidikkan teropong ke titik P dalam keadaan luar biasa dan baca lingkaran horisontalnya.
- Baca temperatur dan tekan udara, apabila pengamatan dengan termometer dan barometer.

2.3 Pengertian *Global Positioning System* (GPS)

Menurut *National Space-Based Positioning, Navigation, and Timing Coordination Office*, *Global Positioning System*(GPS) adalah Sistem navigasi radio luar angkasa berbasis navigasi yang menyediakan layanan informasi posisi, navigasi, dan waktu untuk semua orang di seluruh dunia, dan tersedia secara gratis. Setiap orang dengan GPS *receiver*, sistem akan menyediakan lokasi dan waktu. GPS memberikan lokasi yang akurat dan informasi waktu untuk semua orang dalam jumlah yang tidak terbatas dalam segala kondisi cuaca, siang dan malam, dan dimanapun berada. GPS dibuat dengan 3 bagian yaitu satelit yang mengorbit bumi, stasiun kontrol dan monitor di bumi, dan penerima GPS yang digunakan oleh pengguna. Satelit GPS *membroadcast* sinyal dari luar angkasa yang ditangkap dan diidentifikasi oleh penerima GPS. Setiap GPS

kemudian memberikan lokasi tiga dimensi (*latitude, longitude, and altitude*).

Sedangkan menurut Trimble, *The Global Positioning System* (GPS) adalah sistem navigasi dunia yang dibentuk dari gabungan 31 satelit station di bumi. GPS bisa diistilahkan dengan *made-made stars* yang mereferensikan titik untuk menghitung posisi yang akurat di bumi. Pada faktanya dengan menggunakan bentuk GPS yang menguntungkan kita dapat membuat pengukuran secara terinci lebih baik dalam ukuran centimeter.



Gambar 2. 7 Satelit GPS

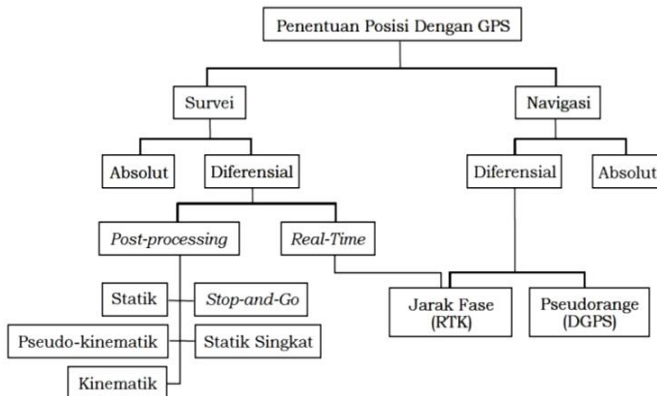
Sistem GPS memiliki nama asli NAVSTAR GPS (*Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System*). Satelit GPS yang mengorbit bumi, dengan orbit dan kedudukan yang tetap (koordinatnya pasti), seluruhnya berjumlah 31 buah, satelit GPS mempunyai tiga segmen yaitu : satelit, pengontrol, dan penerima / pengguna. Satelit bertugas untuk menerima dan menyimpan data yang ditransmisikan oleh stasiun-stasiun pengontrol, menyimpan dan menjaga informasi waktu berketelitian tinggi (ditentukan dengan jam atom di satelit), dan memancarkan sinyal dan informasi secara kontinu ke pesawat penerima (*receiver*) dari pengguna. Pengontrol bertugas untuk mengendalikan dan mengontrol satelit dari bumi baik untuk mengecek kesehatan satelit, penentuan dan prediksi orbit dan waktu, sinkronisasi waktu antar satelit, dan mengirim data ke satelit. Penerima bertugas menerima data dari satelit dan

meprosesnya untuk menentukan (posisi tiga dimensi yaitu koordinat di bumi plus ketinggian), arah, jarak dan waktu yang diperlukan oleh pengguna. Ada dua macam tipe penerima yaitu tipe navigasi dan tipe geodetik. Posisi yang diperoleh adalah posisi yang benar terhadap sistem koordinat bumi. Dengan mengetahui posisinya yang pasti, lokasi-lokasi penyelaman maupun transek dapat diplotkan kedalam peta kerja (Prahasta, 2002).

2.4 Metode Penentuan Posisi Menggunakan GPS

Prinsip dasar penentuan posisi dengan GPS adalah perpotongan ke belakang dengan pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit GPS. Konsep pengikatan ke belakang yang dimaksud diatas ialah dengan menggunakan data jarak, yaitu mengukur jarak ke beberapa satelit GPS yang koordinatnya telah diketahui.

Secara garis besar penentuan posisi dengan GPS dibagi digambarkan seperti bagan berikut:



Gambar 2. 8 Metode Penentuan Posisi Menggunakan GPS
(Abidin, 2000)

Pengelompokan metode penentuan posisi dengan GPS berdasarkan mekanisme pengaplikasiannya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. 1 Metode Penentuan Posisi Menggunakan GPS

| Metode | Absolut | Differensial | Titik | Receiver |
|-------------------------|---------|--------------|----------|-------------------|
| Statik | Ya | Ya | Diam | Diam |
| Kinematik | Ya | Ya | Bergerak | Bergerak |
| Rapid Statik | - | Ya | Diam | Diam (singkat) |
| Pseudo-kinematik | - | Ya | Diam | Diam dan Bergerak |
| Stop and go | - | Ya | Diam | Diam dan Bergerak |

2.4.1 Metode Absolut

Metode absolut adalah penentuan posisi yang hanya menggunakan 1 alat receiver GPS. Posisi ditentukan dalam sistem WGS 84 (terhadap pusat bumi). Prinsip penentuan posisi adalah perpotongan ke belakang dengan jarak ke beberapa satelit sekaligus. Metode ini hanya memerlukan satu *receiver* GPS. Titik yang ditentukan posisinya bisa diam (statik) atau bergerak (kinematik). Ketelitian posisi berkisar antara 5 sampai dengan 10 meter.

2.4.2 Metode Relatif

Metode relatif atau *differential positioning* adalah menentukan posisi suatu titik relatif terhadap titik lain yang telah diketahui koordinatnya. Pengukuran dilakukan secara bersamaan pada dua titik dalam selang waktu tertentu. Data hasil pengamatan diproses/dihitung akan didapat perbedaan koordinat kartesian 3 dimensi (dx, dy, dz) atau disebut juga dengan baseline antar titik yang diukur.

Metode ini dilakukan dengan menggunakan minimal 2 *receiver*, satu ditempatkan pada titik yang telah diketahui koordinatnya. Prinsipnya posisi titik ditentukan relatif terhadap titik yang diketahui. Konsep dasar *differencing* process dapat mengeliminir atau mereduksi pengaruh dari beberapa kesalahan dan bias. Ketelitian

posisi yang diperoleh bervariasi dari tingkat mm sampai dengan dm. Aplikasi utama metode ini antara lain : survei pemetaan, survei penegasan batas, survey geodesi dan navigasi dengan ketelitian tinggi. Metode differensial dibagi menjadi 2, yaitu *post processing* dan *real time*.

a. *Real time*

Maksud dari “*real time*” adalah alat navigasi yang menggunakan sinyal SBAS ataupun DGPS secara langsung saat digunakan. SBAS (*Satellite Based Augmentation System*) secara umum dapat dikatakan adalah DGPS yang menggunakan satelit. Cakupan areanya jauh lebih luas dibandingkan dengan DGPS yang memakai stasiun darat.

b. *Post processing*

Post processing adalah data yang dikumpulkan oleh alat navigasi di proses ulang dengan menggunakan data dari stasiun darat DGPS. DGPS (*Differential Global Positioning System*) adalah sebuah sistem atau cara untuk meningkatkan GPS, dengan menggunakan stasiun darat, yang memancarkan koreksi lokasi. Dengan sistem ini, maka ketika alat navigasi menerima koreksi dan memasukkannya kedalam perhitungan, maka akurasi alat navigasi tersebut akan meningkat. Oleh karena menggunakan stasiun darat, maka sinyal tidak dapat mencakup area yang luas. Metode *post processing* dibagi menjadi 4 yaitu:

➤ Penentuan posisi secara static (*static positioning*)

Adalah penentuan posisi dari titik-titik yang diam. Penentuan posisi tersebut dapat dilakukan secara absolut ataupun diferensial, dengan menggunakan data pseudorange atau data fase. Dibandingkan dengan metode kinematik,

ukuran lebih pada suatu titik pengamatan yang diperoleh dengan metode static biasanya lebih banyak. Hal ini yang menyebabkan keandalan dan ketelitian posisi yang diperoleh umumnya relatif lebih tinggi. Salah satu bentuk implementasi dari metode penentuan posisi static adalah survey GPS dalam penentuan koordinat dari titik-titik control untuk keperluan pemetaan ataupun pemanfaatan fenomena deformasi dan geodinamika.

Pada prinsipnya survey GPS bertumpu pada metode-metode penentuan posisi static secara diferensial dengan menggunakan data fase. Penentuan posisi relatif atau metode differensial adalah menentukan posisi suatu titik relatif terhadap titik lain yang telah diketahui koordinatnya. Pengukuran dilakukan secara bersamaan pada dua titik dalam selang waktu tertentu. Selanjutnya, data hasil pengamatan diproses dan dihitung sehingga akan didapat perbedaan koordinat kartesian 3 dimensi (dx , dy , dz) atau disebut juga dengan baseline antar titik yang diukur. Dalam hal ini pengamatan satelit GPS umumnya dilakukan baseline per baseline selama selang waktu tertentu (beberapa puluh menit hingga beberapa jam tergantung tingkat ketelitian yang diinginkan) dalam suatu kerangka titik-titik yang akan ditentukan posisinya. Aplikasi utama penentuan posisi GPS metode Statik ialah untuk survei pemetaan, survei penegasan batas, survey geodesi dan navigasi dengan ketelitian tinggi.

- Penentuan Posisi secara Kinematik.

Adalah penentuan posisi dari titik-titik yang bergerak dan *receiver* GPS tidak dapat atau tidak mempunyai kesempatan untuk berhenti pada titik-titik tersebut. Penentuan Posisi kinematik ini dapat dilakukan secara absolut ataupun diferensial dengan menggunakan data pseudorange dan/atau fase. Hasil penentuan posisi bisa diperlukan saat pengamatan (*Real time*) atau sesudah pengamatan (*post processing*). Untuk real time differential positioning diperlukan komunikasi data antara stasiun referensi dengan receiver yang bergerak.

➤ Penentuan Posisi Secara Rapid-Statik

Metode penentuan posisi dengan survei statik singkat (*rapid static*) pada dasarnya adalah survei statik dengan waktu pengamatan yang lebih singkat, yaitu 5-20 menit. Prosedur operasional lapangan pada survey statik singkat adalah sama seperti pada survei statik, hanya selang waktu pengamatannya yang lebih singkat. Oleh sebab itu disamping memerlukan perangkat lunak yang handal dan canggih, metode statik singkat juga memerlukan geometri pengamatan yang baik, tingkat residu kesalahan dan bias yang relatif rendah, serta lingkungan pengamatan yang relatif tidak menimbulkan multipath.

➤ Penentuan Posisi Pseudo Kinematik

Metode Pseudo Kinematik yang kadang disebut juga sebagai metode intermittent ataupun metode reoccupation, pada dasarnya dapat dilihat sebagai realisasi dari dua metode statik singkat (lama pengamatan beberapa menit) yang dipisahkan oleh selang waktu yang relatif cukup

lama (sekitar sampai beberapa jam). Pada metode ini, pengamatan dalam dua sesi yang berselang waktu relatif lama dimaksudkan untuk meliputi perubahan geometri yang cukup besar, sehingga diharapkan dapat mensukseskan penentuan ambiguitas fase serta mendapatkan ketelitian posisi yang relatif baik. Dalam hal ini, perhitungan vektor baseline dilakukan dengan menggunakan data gabungan dari dua sesi pengamatan tersebut. Dalam pelaksanaan di lapangan, selang waktu antara dua sesi pengamatan yang singkat tersebut dapat digunakan untuk mengamati baseline-baseline lainnya. Harus dicatat bahwa metode pseudo kinematik ini adalah metode survei dengan waktu pengamatan singkat yang baik untuk digunakan ketika kondisi lapangan maupun pengamatan tidak sesuai untuk penerapan metode statik singkat ataupun metode *stop and go*.

➤ **Penentuan Posisi *Stop and Go*.**

Adalah salah satu metode survei penentuan posisi titik-titik dengan GPS, yang kadang disebut juga sebagai metode semi kinematik. Pada metode ini titik-titik yang akan ditentukan posisinya tidak bergerak (statik), sedangkan receiver GPS bergerak dari titik-titik dimana pada setiap titiknya *receiver* yang bersangkutan diam beberapa saat di titik-titik tersebut. Umumnya metode *stop and go* diaplikasikan dengan mode *post processing*.

2.4.3 Penentuan Azimut Dengan Alat GPS

Penentuan azimut dengan alat GPS adalah pengamatan GPS yang dilakukan untuk mendapatkan

azimut. Untuk dapat menentukan besarnya azimut dengan pengamatan GPS dibutuhkan 2 titik yang memiliki koordinat hasil pengamatan GPS. Dimana pengamatan GPS memberikan informasi koordinat dari titik yang diamati.

Besarnya azimut dengan pengamatan GPS dapat ditentukan dari rumus vicenty. Dimana dalam rumus vicenty terdapat dua macam persoalan geodesi, yaitu (Rainsford, 1955) :

- a. Soal Pokok Geodesi (SPG I/ *Direct problem*)
Apabila ditentukan satu buah koordinat geografis, serta jarak dan azimut diantara keduanya, untuk selanjutnya dihitung koordinat geografis titik kedua tersebut.
- b. Soal Pokok Geodesi II (SPG II/ *Indirect problem*)
Apabila ditentukan dua buah koordinat geografis untuk selanjutnya dihitung jarak dan azimut diantara keduanya

Berikut ini rumus Vincenty pada persoalan pokok geodesi (Vincenty, 1975) :

- Adapun, rumusan yang digunakan pada SPG I pada rumus Vincenty ini, yaitu :

$$\tan \sigma_1 = \frac{\tan U_1}{\cos \alpha_1} \quad (2.7)$$

$$\sin \alpha = \frac{\cos U_1}{\cos \alpha_1} \quad (2.8)$$

$$A = 1 + \frac{u^2}{16384} \{4096 + u^2 [-768 + u^2 (320 - 175u^2)]\} \quad (2.9)$$

$$B = \frac{u^2}{1024} \{256 + u^2 [-128 + u^2 (74 - 47u^2)]\} \quad (2.10)$$

$$2\sigma_m = 2\sigma_1 + \sigma \quad (2.11)$$

$$\Delta\sigma = B \sin \sigma \left\{ \cos 2\sigma_m + \frac{1}{4}B \left[\cos \sigma (-1 + 2\cos^2 2\sigma_m) - \frac{1}{6}B \cos 2\sigma_m (-3 + 4\sin^2 \sigma) (-3 + 4\cos^2 2\sigma_m) \right] \right\} \quad (2.12)$$

$$\sigma = \frac{s}{b_A} + \Delta\sigma \quad (2.13)$$

untuk melakukan perhitungan selanjutnya, dilakukan iterasi pada persamaan (2.9), (2.10), dan (2.11) terlebih dahulu sampai tidak terjadi perubahan nilai pada σ .

$$\tan \phi_2 = \frac{\sin U_1 \cos \sigma + \cos U_1 \sin \sigma \cos \alpha_1}{(1-f)[\sin^2 \alpha + (\sin U_1 \sin \sigma - \cos U_1 \cos \sigma \cos \alpha_1)^2]^2} \quad (2.14)$$

$$\tan \lambda = \frac{\sin \sigma \sin \alpha_1}{\cos U_1 \cos \sigma - \sin U_1 \sin \sigma \cos \alpha_1} \quad (2.15)$$

$$C = \frac{f}{16} \cos^2 \alpha [4 + f(4 - 3)\cos^2 \alpha] \quad (2.16)$$

$$L = \lambda - (1 - C)f \sin \alpha \{ \sigma + C \sin \sigma [\cos 2\sigma_m + C \cos \sigma (-1 + 2\cos^2 2\sigma_m)] \} \quad (2.17)$$

$$\tan \alpha_2 = \frac{\sin \alpha}{-\sin U_1 \sin \sigma + \cos U_1 \cos \sigma \cos \alpha_1} \quad (2.18)$$

- Sedangkan, rumusan yang digunakan pada SPG II pada rumus Vincenty ini, yaitu :

$$\lambda = L$$

$$\sin^2 \sigma = \frac{(\cos U_2 \sin \lambda) + (\cos U_1 \sin U_2 - \sin U_1 \cos U_2 \cos \lambda)^2}{\sin^2 \lambda} \quad (2.19)$$

$$\cos \sigma = \sin U_1 \sin U_2 + \cos U_1 \cos U_2 \cos \lambda \quad (2.20)$$

$$\tan \sigma = \frac{\sin \sigma}{\cos \sigma} \quad (2.21)$$

$$\sin \alpha = \frac{\cos U_1 \cos U_2 \sin \lambda}{\sin \sigma} \quad (2.22)$$

$$\cos 2\sigma_m = \cos \sigma - \frac{2 \sin U_1 \sin U_2}{\cos^2 \alpha} \quad (2.23)$$

$$s = bA(\sigma - \Delta\sigma) \quad (2.24)$$

$$\tan \alpha_1 = \frac{\cos U_2 \sin \lambda}{\cos U_1 \sin U_2 - \sin U_1 \cos U_2 \cos \lambda} \quad (2.25)$$

$$\tan \alpha_2 = \frac{\cos U_1 \sin \lambda}{-\sin U_1 \cos U_2 - \cos U_1 \sin U_2 \cos \lambda} \quad (2.26)$$

Dimana :

a = setengah sumbu panjang *ellipsoid* (m)

b = setengah sumbu pendek *ellipsoid* (m)

f = penggepengan (*flattening*) = (a-b)/a

L = perbedaan bujur (°)

s = jarak (m)

α_1 = azimuth pada equator (°)

α_1 = azimuth P1 ke P2 (°)

U = lintang reduksi (°); $\tan U = (1-f) \tan \phi$

L = perbedaan bujur pada bola (°)

σ = sudut jarak P1, P2 (°)

σ_1 = sudut jarak dari equator ke P1 (°)

σ_m = sudut jarak dari equator ke titik tengah garis ($^\circ$)

2.5 Ketelitian Pengamatan

Pada setiap pengamatan atau pengukuran, hasilnya sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain si pengukur, keadaan alam yang tidak tetap saat pengukuran dan lain – lain.

Karena pengaruh faktor – faktor tersebut di atas, maka hasil pengukuran tidak mendapatkan hasil eksak, karena setiap pengukuran masih dihindangi kesalahan – kesalahan. Dalam upaya untuk mencari hasil yang dapat dipercaya (diterima) dilakukan beberapa kali pengukuran, dan sebagai hasil akhir biasanya diambil nilai rata – ratanya.

2.5.1 Kesalahan

Istilah kesalahan dipakai untuk menyatakan dua pengertian yang berbeda, yaitu untuk menyatakan perbedaan antara suatu nilai yang diukur dan nilai yang sebenarnya.

Akan tetapi nilai “sebenarnya” itu sendiri tidak diketahui secara pasti, hanya bersifat teoretis, sehingga orang lebih suka menggunakan istilah “penyimpangan” daripada kesalahan. Penyimpangan adalah selisih antara dua nilai yang diukur dari suatu besaran.

Kesalahan – kesalahan yang mungkin terjadi dalam suatu pengukuran dapat diklasifikasikan kedalam (Kartawiharja, 1988):

- a. Kesalahan Besar (Mistakes)
Kesalahan ini terjadi karena kesalahan tindakan atau kelalaian sewaktu mengadakan pengukuran.
- b. Kesalahan Sistematis, atau Kesalahan Tetap
Kesalahan ini diakibatkan oleh kesalahan dari alat ukur yang digunakan. Selain dari alat, kesalahan ini

juga dapat disebabkan karena kondisi yang berbedadalam pengukuran dengan kondisi standar alat tersebut dibuat. Pengaruh kesalahan ini dapat dihilangkan dengan cara:

- Mengkoreksi hasil ukuran.
 - Mengadakan pembetulan pata alata yang digunakan.
 - Dengan metode pengukuran tertentu sehingga kesalahan saling menghilangkan.
- c. Kesalahan Eksperimental
- Kesalahan ini juga disebut dengan *accidental* atau *random error*. Yang termasuk dalam jenis kesalahan eksperimental antara lain:
- Kesalahan Menaksir
 - Kondisi berfluktuasi, seperti temperatur udara, tekanan udara, dan lain – lain.
 - Adanya gangguan, badai magnet, getaran – getaran listrik dan sebagainya

2.5.2 Ketelitian dan Keseksamaan

Jika suatu pengukuran mempunyai kesalahan – kesalahan eksperimental yang kecil, dikatakan bahwa pengukuran tersebut mempunyai ketelitian yang tinggi atau presisi. Jika suatu pengukuran mempunyai kesalahan – kesalahan sistematis yang kecil, dikatakan bahwa pengukuran tersebut mempunyai keseksamaan yang tinggi atau presisi. (Kartawiharja, 1988)

Ukuran ketelitian dapat menggunakan *Root Mean Square* (RMS) *error*. Rumus dari RMS *error* ini adalah:

$$\text{RMS error} = \pm \sqrt{\left(\sum (\chi - \chi_{\text{sebenarnya}})^2 / n - 1 \right)} \quad (2.27)$$

2.5.3 Varian, Kesalahan Baku

Varian adalah suatu pernyataan ketelitian dari suatu grup pengamatan yang dinyatakan dengan rata – rata dari kuadrat kesalahannya. Sedang kesalahan baku (kesalahan menengah) adalah akar dari varian. Sehingga pernyataan di atas dapat ditulis :

$$\sigma^2 = \frac{\sum x^2}{n} \quad (2.28)$$

dan

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x^2}{n}} \quad (2.29)$$

dimana:

- σ^2 = varian
- σ = kesalahan baku
- n = banyaknya pengamatan
- x = kesalahan tiap pengamatan

Varian dan kesalahan baku bersifat teoretis, sebab nilai yang sebenarnya tidak diketahui secara pasti demikian pula dengan kesalahan yang sebenarnya. Sehingga untuk kepentingan praktis, maka diambil nilai yang paling mungkin sebagai ganti dari nilai yang sebenarnya yang besarnya adalah rata – rata dari nilai – nilai pengamatan yang ada.

Kemudian untuk estimasi varian yang terbaik atas dasar statistika maka nilai x diganti dengan v dan bilangan pembagi diganti dengan $n-1$.

$$S^2 = \frac{\sum v^2}{n-1} \quad (2.30)$$

dan simpangan baku :

$$S = \sqrt{\frac{v^2}{n-1}} \quad (2.31)$$

dimana :

S^2 = varian

S = simpangan baku

$n - 1$ = derajat kebebasan

Σv^2 = jumlah kuadrat dari tiap penyimpangan

2.6 Penelitian Terdahulu

Prawiro, Yoel., Taufik, M. dan Muhamadi, Mansur (2009), dengan judul “Penentuan Azimut Pada Pengamatan Bintang Dengan Metode Diurnal Circle”. Bertujuan untuk mengetahui berapa nilai azimut yang diperoleh dari penghitungan dengan metode Diurnal Circle. Diperoleh kesimpulan pengamatan 1 bintang dan 2 bintang selama interval waktu tertentu memberikan hasil presisi dan akurasi yang meningkat seiring dengan bertambahnya interval waktu. Serta semakin dekat jarak kutub bintang dengan kutub utara atau selatan, presisi akan menurun dan akurasinya meningkat.

Dan dalam penelitian ini, penulis memberikan saran untuk dilakukan pengamatan yang lebih lama, karena semakin lama pengamatan semakin melengkapi hasil penelitian. Pengamatan ini akan lebih baik apabila dibandingkan dengan hasil dari pengukuran *Global Positioning System* (GPS) dan metode sudut waktu yang dilengkapi dengan Kronometer (jam teliti).

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilakukan di lokasi kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur. Terdiri dari 4 titik BM yang masing – masing terletak di PRF Lab. Rekayasa Forensik, GPS 3 DESPRO, PPR Gedung Pusat Robotika dan PLE Lab. Energi.



Gambar 3. 1 Lokasi pengukuran di kawasan Kampus ITS Sukolilo,
Surabaya

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini yaitu :

1. Data pengukuran sudut horisontal dan vertikal matahari.
2. Nilai deklinasi matahari.
3. Koordinat BM referensi.
4. Tabel Almanak Matahari

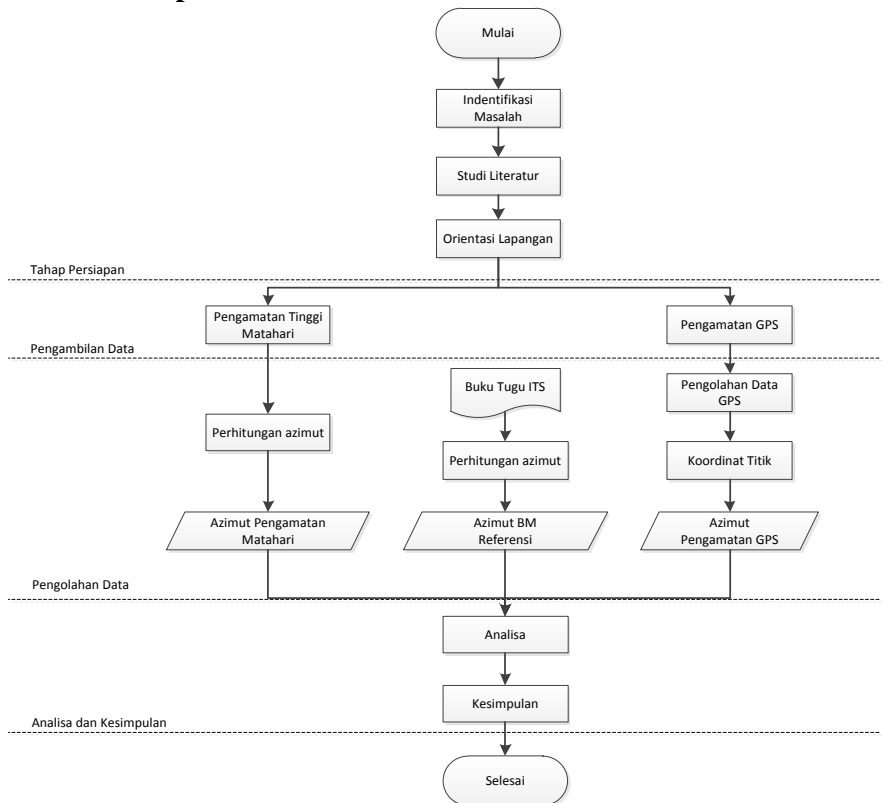
3.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini yaitu :

1. Perangkat Keras (*Hardware*)
 - a) *Electronic Digital Theodolite* SOKKIA DT510A
 - b) *Receiver GPS Geodetic Dual frequency* Topcon Hiperpro
 - c) Statif
 - d) Prisma Roulof
 - e) Prisma
 - f) Tribarch
 - g) Form ukur
 - h) Laptop Hp Pavilion dm4
 - i) Termometer
 - j) Barometer
2. Perangkat Lunak (*Software*)
 - a) Microsoft Office 2010
 - b) Topcon Tools

3.3 Metodologi Penelitian

3.3.1 Tahapan Pelaksanaan



Gambar 3. 2 Alur Tahap Pekerjaan

Berikut adalah penjelasan metode penelitian :

1. Tahap Persiapan

- a. Identifikasi Masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana proses pengukuran dan pengolahan data pada pengamatan matahari dan GPS.

b. Studi Literatur

Bertujuan untuk mendapatkan referensi yang berhubungan dengan penentuan azimuth, metode tinggi matahari, metode diferensial dan literatur lain yang mendukung baik dari buku, jurnal, makalah dan internet.

c. Orientasi Lapangan

Orientasi lapangan yang dimaksud adalah orientasi keadaan topografi lokasi yang akan diukur untuk memperoleh data tugas akhir.

2. Pengambilan Data

a. Pengamatan Tinggi Matahari

Pengamatan dilakukan sore hari dan tahapan ini dilakukan pengambilan data yang berkaitan, antara lain :

- Data bacaan sudut horisotal dan vertikal dari posisi bintang.
- Data suhu udara (dalam °C), tekanan udara (dalam mmHg), dan waktu pengamatan.

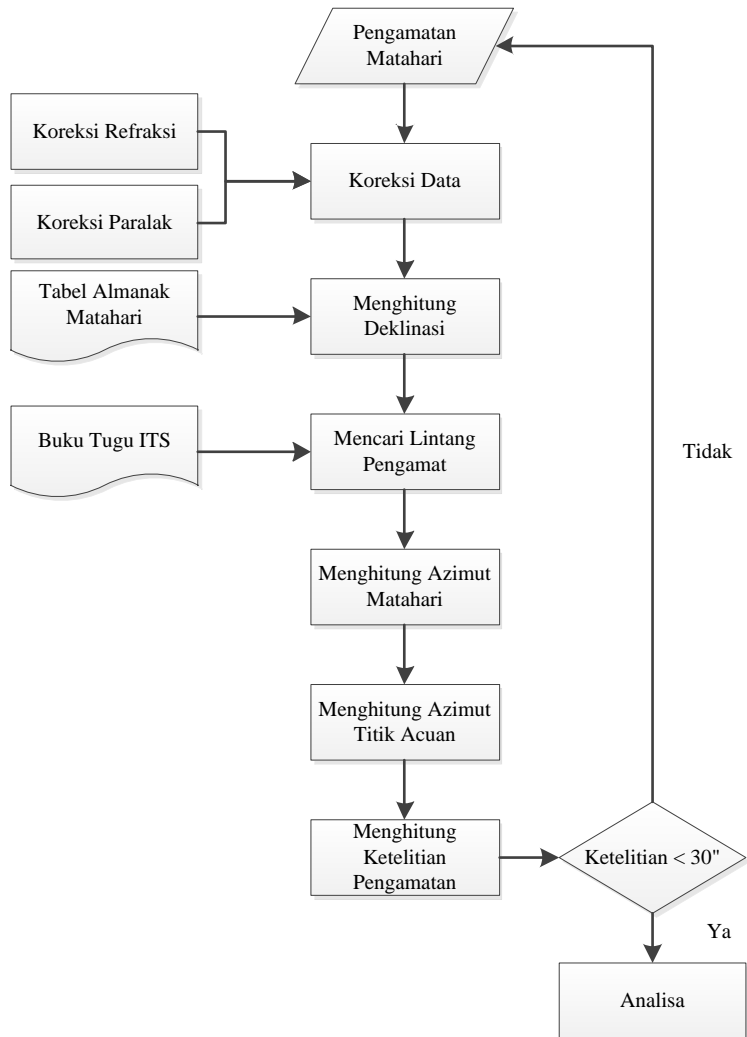
b. Pengamatan GPS

Pengamatan dilakukan dengan metode diferensial, dimana setiap sesi memiliki lama waktu pengamatan yang berbeda.

3. Pengolahan Data

a. Pengolahan data dari pengamatan tinggi matahari.

Pada pengolahan ini terdiri koreksi data, perhitungan deklinasi matahari, lintang pengamat, perhitungan azimuth matahari, perhitungan azimuth titik acuan dan perhitungan ketelitian pengamat. Perhitungan azimuth pengamatan tinggi matahari dapat dijabarkan seperti gambar berikut:



Gambar 3. 3 Proses Perhitungan Azimut Pengamatan Tinggi Matahari

- Koreksi Data
Pada tahap ini dilakukan koreksi data yang terdiri dari koreksi refraksi dan koreksi paralak
- Menghitung Deklinasi
Pada tahap ini diperlukan tabel almanak matahari/ tabel deklinasi matahari, umumnya deklinasi matahari diketahui pada jam 7 dan jam 15 WIB, serta perubahannya tiap jam. Karena setiap pengamatan tidak sama dengan jam tersebut, maka untuk menghitung deklinasi saat pengamatan dihitung secara interpolasi.
- Mencari Lintang Pengamat
Pada tahap ini lintang pengamat diperoleh dari buku tugu.
- Menghitung Azimut Matahari
Pada tahap ini setelah data telah terkoreksi, deklinasi (δ) dari tiap – tiap pengamatan serta lintang (ϕ) tempat diperoleh, maka untuk mendapatkan azimut matahari data tersebut dimasukkan dalam rumus sesuai dengan metode yang digunakan.
- Menghitung Azimut Titik Acuan
Pada tahap ini data dari pembacaan lingkaran horisontal ke matahari dan ke titik acuan, dihitung sudut horisontal antara arah matahari dan titik acuan di titik pengamatan.
- Menghitung Ketelitian Pengamatan

Pada tahap ini dilakukan untuk mencari ketelitian pengamatan sehingga hasil yang diperoleh dapat dipercaya (diterima). Apabila ketelitian pengamatan yang diperoleh kurang dari 30", maka pengamatan matahari diterima (Direktur Jendral Perhubungan Udara, 2002).

b. Pengolahan data dari pengamatan GPS

Pada pengolahan ini menggunakan *software* Topcon Tools dan hasilnya berupa koordinat titik. Dari koordinat titik, dapat dihitung azimuth.

c. Pengolahan dari Buku Tugu ITS

Pada pengolahan dari buku tugu ITS bertujuan untuk mendapatkan nilai azimuth BM referensi. Dimana Azimuth BM referensi merupakan data yang dianggap benar.

4. Analisa dan Kesimpulan

Tahap ini dimaksudkan untuk menganalisa dan membandingkan nilai azimuth pengamatan matahari dan pengamatan GPS terhadap azimuth BM referensi. Analisa ini diperoleh dari data yang telah diolah pada tahap sebelumnya. Sehingga didapatkan suatu hasil dan kesimpulan yang nantinya digunakan untuk menyusun laporan tugas akhir.

"HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN"

BAB IV

HASIL DAN ANALISA

4.1 Hasil Pengamatan Matahari

4.1.1 Hasil Pengamatan Tinggi Matahari PRF – GPS03

Dalam pengamatan tinggi matahari PRF – GPS03 diambil data sebagai berikut:

| | |
|---------------------------------------|--|
| Hari/tanggal | : Minggu, 20 Maret 2016 ; Kamis , 26 Mei 2016 |
| Lokasi | : Lab. Rekayasa Forensik |
| Lintang lokasi | : $7^{\circ}16'36,847''$ LS |
| Bujur lokasi | : $112^{\circ}47'49,760''$ BT |
| Suhu | : 31°C ; 32°C |
| Tekanan | : 757,564 mmHg ; 757,758 mmHg |
| Titik sasaran | : GPS03 Bundaran DESPRO |
| Bacaan sudut horisontal titik sasaran | : $0^{\circ}0'0''$ |

Untuk menunjang pengolahan data dengan metode tinggi matahari digunakan data lintang lokasi, suhu, tekanan dan deklinasi matahari teramati, juga harus terdapat data bacaan sudut horisontal dan vertikal suatu posisi. Data bacaan horisontal, vertikal (dalam zenith) dan deklinasi tiap pengamatan untuk masing – masing pengamatan dapat dilihat pada tabel 4.1. dan 4.2

Tabel 4. 1 Bacaan horisontal dan vertikal pengamatan PRF – GPS03 sesi 1

| Target | Teropong | Pembacaan Waktu | | | Sudut Horisontal | | | Sudut Vertikal | | | Deklinasi | | |
|----------|----------|-----------------|-------|-------|------------------|-------|-------|----------------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | | Jam | Menit | Detik | Derajat | Menit | Detik | Derajat | Menit | Detik | Derajat | Menit | Detik |
| GPS 03 | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 22 | 25 | 74 | 36 | 16 | 71 | 33 | 8 | 0 | 2 | 58,46 |
| Matahari | LB | 16 | 23 | 20 | 254 | 43 | 0 | 288 | 10 | 0 | 0 | 2 | 59,36 |
| GPS 03 | LB | | | | 179 | 59 | 58 | | | | | | |
| GPS 03 | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 27 | 17 | 74 | 25 | 41 | 72 | 50 | 18 | 0 | 2 | 52,63 |
| Matahari | LB | 16 | 28 | 15 | 254 | 23 | 45 | 286 | 56 | 48 | 0 | 3 | 4,22 |
| GPS 03 | LB | | | | 179 | 59 | 59 | | | | | | |
| GPS 03 | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 32 | 43 | 74 | 14 | 44 | 74 | 9 | 41 | 0 | 3 | 8,63 |
| Matahari | LB | 16 | 34 | 11 | 254 | 11 | 30 | 285 | 56 | 48 | 0 | 3 | 10,8 |
| GPS 03 | LB | | | | 180 | 0 | 2 | | | | | | |
| GPS 03 | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 37 | 24 | 74 | 5 | 7 | 75 | 19 | 22 | 0 | 3 | 13,26 |
| Matahari | LB | 16 | 39 | 31 | 254 | 0 | 47 | 284 | 9 | 14 | 0 | 3 | 15,36 |
| GPS 03 | LB | | | | 180 | 0 | 0 | | | | | | |

Tabel 4. 2 Bacaan horisontal dan vertikal pengamatan PRF – GPS03 sesi 2

| Target | Teropong | Pembacaan Waktu | | | Sudut Horisontal | | | Sudut Vertikal | | | Deklinasi | | |
|----------|----------|-----------------|-------|-------|------------------|-------|-------|----------------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | | Jam | Menit | Detik | Derajat | Menit | Detik | Derajat | Menit | Detik | Derajat | Menit | Detik |
| GPS 03 | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 15 | 55 | 32 | 97 | 30 | 40 | 71 | 5 | 8 | 21 | 11 | 35,79 |
| Matahari | LB | 15 | 56 | 11 | 277 | 9 | 36 | 287 | 45 | 23 | 21 | 11 | 36,07 |
| GPS 03 | LB | | | | 179 | 59 | 59 | | | | | | |
| GPS 03 | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 0 | 54 | 97 | 6 | 58 | 72 | 23 | 43 | 21 | 11 | 38,07 |
| Matahari | LB | 16 | 2 | 20 | 276 | 45 | 0 | 286 | 17 | 20 | 21 | 11 | 38,7 |
| GPS 03 | LB | | | | 179 | 59 | 59 | | | | | | |
| GPS 03 | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 5 | 45 | 96 | 43 | 36 | 73 | 47 | 21 | 21 | 11 | 40,16 |
| Matahari | LB | 16 | 7 | 5 | 276 | 22 | 31 | 284 | 52 | 35 | 21 | 11 | 40,73 |
| GPS 03 | LB | | | | 180 | 0 | 1 | | | | | | |
| GPS 03 | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 11 | 15 | 96 | 8 | 19 | 76 | 3 | 13 | 21 | 11 | 42,52 |
| Matahari | LB | 16 | 12 | 25 | 276 | 2 | 28 | 283 | 33 | 21 | 21 | 11 | 43,02 |
| GPS 03 | LB | | | | 180 | 0 | 0 | | | | | | |
| GPS 03 | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 15 | 32 | 95 | 49 | 2 | 77 | 20 | 8 | 21 | 11 | 44,35 |
| Matahari | LB | 16 | 17 | 8 | 275 | 39 | 58 | 282 | 1 | 37 | 21 | 11 | 45,04 |
| GPS 03 | LB | | | | 180 | 0 | 0 | | | | | | |

4.1.2 Hasil Pengamatan Tinggi Matahari GPS03 – PPR

Dalam pengamatan tinggi matahari GPS03 – PPR diambil data sebagai berikut:

| | |
|---------------------------------------|--|
| Hari/tanggal | : Senin, 4 April 2016 Rabu, 25 Mei 2016 |
| Lokasi | : Bundaran DESPRO |
| Lintang lokasi | : 7°16'39,104" LS |
| Bujur lokasi | : 112°47'48,770" BT |
| Suhu | : 32°C ; 32°C |
| Tekanan | : 757,339 mmHg ; 757,472 mmHg |
| Titik sasaran | : PPR Gedung Pusat Robotik ITS |
| Bacaan sudut horisontal titik sasaran | : 0°0'0" |

Untuk menunjang pengolahan data dengan metode tinggi matahari digunakan data lintang lokasi, suhu, tekanan dan deklinasi matahari teramati, juga harus terdapat data bacaan sudut horisontal dan vertikal suatu posisi. Data bacaan horisontal, vertikal (dalam zenith) dan deklinasi tiap pengamatan untuk masing – masing pengamatan dapat dilihat pada tabel 4.3. dan 4.4.

Tabel 4. 3 Bacaan horisontal dan vertikal pengamatan GPS03 – PPR sesi 1

| Target | Teropong | Pembacaan Waktu | | | Sudut Horizontal | | | Sudut Vertikal | | | Deklinasi | | |
|----------|----------|-----------------|-------|-------|------------------|-------|-------|----------------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | | Jam | Menit | Detik | Derajat | Menit | Detik | Derajat | Menit | Detik | Derajat | Menit | Detik |
| PPR | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 15 | 53 | 42 | 193 | 2 | 8 | 66 | 31 | 58 | 5 | 50 | 4,1 |
| Matahari | LB | 15 | 54 | 45 | 12 | 58 | 38 | 293 | 11 | 30 | 5 | 50 | 5,1 |
| PPR | LB | | | | 180 | 0 | 0 | | | | | | |
| PPR | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 15 | 56 | 13 | 192 | 51 | 30 | 67 | 24 | 5 | 5 | 50 | 6,5 |
| Matahari | LB | 15 | 58 | 2 | 12 | 46 | 24 | 292 | 9 | 3 | 5 | 50 | 8,23 |
| PPR | LB | | | | 180 | 0 | 2 | | | | | | |
| PPR | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 15 | 59 | 10 | 192 | 42 | 56 | 68 | 7 | 18 | 5 | 50 | 9,31 |
| Matahari | LB | 16 | 1 | 40 | 12 | 38 | 50 | 291 | 30 | 37 | 5 | 50 | 11,69 |
| PPR | LB | | | | 180 | 0 | 0 | | | | | | |
| PPR | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 2 | 54 | 192 | 35 | 7 | 68 | 47 | 21 | 5 | 50 | 12,86 |
| Matahari | LB | 16 | 3 | 16 | 12 | 31 | 16 | 290 | 52 | 15 | 5 | 50 | 13,21 |
| PPR | LB | | | | 180 | 0 | 1 | | | | | | |
| PPR | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 5 | 8 | 192 | 26 | 10 | 69 | 35 | 49 | 5 | 50 | 14,99 |
| Matahari | LB | 16 | 7 | 53 | 12 | 21 | 14 | 289 | 59 | 29 | 5 | 50 | 17,6 |
| PPR | LB | | | | 180 | 0 | 0 | | | | | | |
| PPR | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 8 | 48 | 192 | 18 | 39 | 70 | 14 | 4 | 5 | 50 | 18,47 |
| Matahari | LB | 16 | 9 | 58 | 12 | 15 | 5 | 289 | 29 | 7 | 5 | 50 | 19,58 |
| PPR | LB | | | | 180 | 0 | 1 | | | | | | |

Tabel 4. 4 Bacaan horisontal dan vertikal pengamatan GPS03 – PPR sesi 2

| Target | Teropong | Pembacaan Waktu | | | Sudut Horisontal | | | Sudut Vertikal | | | Deklinasi | | |
|----------|----------|-----------------|-------|-------|------------------|-------|-------|----------------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | | Jam | Menit | Detik | Derajat | Menit | Detik | Derajat | Menit | Detik | Derajat | Menit | Detik |
| PPR | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 15 | 48 | 25 | 210 | 9 | 1 | 66 | 26 | 35 | 21 | 1 | 5,46 |
| Matahari | LB | 15 | 50 | 41 | 29 | 59 | 38 | 293 | 6 | 40 | 21 | 1 | 6,47 |
| PPR | LB | | | | 180 | 0 | 0 | | | | | | |
| PPR | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 15 | 54 | 20 | 209 | 55 | 12 | 67 | 5 | 13 | 21 | 1 | 8,09 |
| Matahari | LB | 15 | 55 | 38 | 29 | 45 | 12 | 292 | 28 | 16 | 21 | 1 | 8,66 |
| PPR | LB | | | | 180 | 0 | 2 | | | | | | |
| PPR | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 15 | 57 | 56 | 209 | 40 | 33 | 67 | 47 | 36 | 21 | 1 | 9,68 |
| Matahari | LB | 15 | 58 | 40 | 29 | 33 | 10 | 291 | 50 | 23 | 21 | 1 | 10,01 |
| PPR | LB | | | | 180 | 0 | 0 | | | | | | |
| PPR | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 3 | 8 | 209 | 26 | 21 | 68 | 30 | 26 | 21 | 1 | 11,99 |
| Matahari | LB | 16 | 4 | 28 | 29 | 1 | 56 | 290 | 15 | 58 | 21 | 1 | 12,58 |
| PPR | LB | | | | 180 | 0 | 1 | | | | | | |
| PPR | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 7 | 10 | 209 | 12 | 3 | 69 | 12 | 16 | 21 | 1 | 13,78 |
| Matahari | LB | 16 | 9 | 14 | 28 | 49 | 50 | 289 | 38 | 42 | 21 | 1 | 14,69 |
| PPR | LB | | | | 180 | 0 | 1 | | | | | | |

4.1.3 Hasil Pengamatan Tinggi Matahari PPR – PLE

Dalam pengamatan tinggi matahari PPR – PLE diambil data sebagai berikut:

Hari/tanggal : Minggu, 5 April 2016
Jum'at, 27 Mei 2016

Lokasi : Gedung Pusat Robotik ITS

Lintang lokasi : 7°16'39,660" LS

Bujur lokasi : 112°47'52,995" BT

Suhu : 30°C ; 32°C

Tekanan : 757,339 mmHg ; 757,564 mmHg

Titik sasaran : PLE Lab. Energi ITS

Bacaan sudut horisontal titik sasaran : 0°0'0"

Untuk menunjang pengolahan data dengan metode tinggi matahari digunakan data lintang lokasi, suhu,

tekanan dan deklinasi matahari teramati, juga harus terdapat data bacaan sudut horisontal dan vertikal suatu posisi. Data bacaan horisontal, vertikal (dalam zenith) dan deklinasi tiap pengamatan untuk masing – masing pengamatan dapat dilihat pada tabel 4.5. dan 4.6.

Tabel 4. 5 Bacaan horisontal dan vertikal pengamatan PPR – PLE sesi 1

| Target | Teropong | Pembacaan Waktu | | | Sudut Horisontal | | | Sudut Vertikal | | | Deklinasi | | |
|----------|----------|-----------------|-------|-------|------------------|-------|-------|----------------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | | Jam | Menit | Detik | Derajat | Menit | Detik | Derajat | Menit | Detik | Derajat | Menit | Detik |
| PPR | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 18 | 54 | 203 | 19 | 28 | 72 | 53 | 23 | 6 | 13 | 15,82 |
| Matahari | LB | 16 | 20 | 17 | 23 | 16 | 34 | 286 | 46 | 22 | 6 | 13 | 17,4 |
| PPR | LB | | | | 180 | 0 | 2 | | | | | | |
| PPR | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 23 | 9 | 203 | 8 | 8 | 73 | 56 | 7 | 6 | 13 | 19,85 |
| Matahari | LB | 16 | 24 | 26 | 23 | 5 | 29 | 285 | 45 | 32 | 6 | 13 | 21,07 |
| PPR | LB | | | | 180 | 0 | 0 | | | | | | |
| PPR | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 26 | 22 | 203 | 0 | 58 | 74 | 42 | 43 | 6 | 13 | 22,9 |
| Matahari | LB | 16 | 27 | 50 | 22 | 57 | 25 | 284 | 55 | 38 | 6 | 13 | 24,3 |
| PPR | LB | | | | 180 | 59 | 0 | | | | | | |
| PPR | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 28 | 56 | 202 | 54 | 39 | 75 | 20 | 59 | 6 | 13 | 25,34 |
| Matahari | LB | 16 | 30 | 25 | 22 | 50 | 13 | 284 | 16 | 52 | 6 | 13 | 26,75 |
| PPR | LB | | | | 180 | 0 | 1 | | | | | | |
| PPR | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 31 | 32 | 202 | 48 | 8 | 75 | 58 | 44 | 6 | 13 | 27,8 |
| Matahari | LB | 16 | 32 | 45 | 22 | 44 | 39 | 283 | 39 | 16 | 6 | 13 | 28,96 |
| PPR | LB | | | | 180 | 0 | 0 | | | | | | |
| PPR | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 34 | 46 | 202 | 40 | 11 | 76 | 46 | 12 | 6 | 13 | 30,87 |
| Matahari | LB | 16 | 35 | 57 | 22 | 37 | 25 | 282 | 56 | 6 | 6 | 13 | 31,99 |
| PPR | LB | | | | 180 | 0 | 1 | | | | | | |
| PPR | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 36 | 59 | 202 | 35 | 6 | 77 | 18 | 33 | 6 | 13 | 32,97 |
| Matahari | LB | 16 | 38 | 1 | 22 | 32 | 24 | 282 | 26 | 1 | 6 | 13 | 33,95 |
| PPR | LB | | | | 180 | 0 | 1 | | | | | | |
| PPR | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 40 | 20 | 202 | 27 | 3 | 78 | 7 | 46 | 6 | 13 | 36,15 |
| Matahari | LB | 16 | 41 | 56 | 22 | 23 | 20 | 281 | 18 | 11 | 6 | 13 | 37,67 |
| PPR | LB | | | | 180 | 0 | 1 | | | | | | |
| PPR | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 42 | 50 | 202 | 20 | 51 | 78 | 46 | 11 | 6 | 13 | 38,52 |
| Matahari | LB | 16 | 43 | 56 | 22 | 18 | 49 | 280 | 59 | 40 | 6 | 13 | 39,56 |
| PPR | LB | | | | 180 | 0 | 1 | | | | | | |
| PPR | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 45 | 2 | 202 | 16 | 11 | 79 | 17 | 28 | 6 | 13 | 40,61 |
| Matahari | LB | 16 | 46 | 21 | 22 | 13 | 15 | 280 | 24 | 1 | 6 | 13 | 41,86 |
| PPR | LB | | | | 180 | 0 | 1 | | | | | | |

Tabel 4. 6 Bacaan horisontal dan vertikal pengamatan PPR – PLE sesi 2

| Target | Teropong | Pembacaan Waktu | | | Sudut Horisontal | | | Sudut Vertikal | | | Deklinasi | | |
|----------|----------|-----------------|-------|-------|------------------|-------|-------|----------------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | | Jam | Menit | Detik | Derajat | Menit | Detik | Derajat | Menit | Detik | Derajat | Menit | Detik |
| PPR | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 3 | 21 | 219 | 36 | 24 | 72 | 38 | 20 | 21 | 21 | 15,82 |
| Matahari | LB | 16 | 4 | 56 | 39 | 21 | 40 | 286 | 28 | 40 | 21 | 21 | 17,14 |
| PPR | LB | | | | 180 | 0 | 2 | | | | | | |
| PPR | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 7 | 42 | 219 | 23 | 56 | 73 | 23 | 22 | 21 | 21 | 19,85 |
| Matahari | LB | 16 | 8 | 52 | 39 | 6 | 29 | 285 | 32 | 53 | 21 | 21 | 21,07 |
| PPR | LB | | | | 180 | 0 | 0 | | | | | | |
| PPR | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 11 | 5 | 219 | 10 | 12 | 74 | 10 | 8 | 21 | 21 | 22,9 |
| Matahari | LB | 16 | 12 | 28 | 38 | 55 | 57 | 284 | 56 | 16 | 21 | 21 | 24,3 |
| PPR | LB | | | | 180 | 59 | 0 | | | | | | |
| PPR | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 14 | 30 | 218 | 58 | 1 | 74 | 59 | 47 | 21 | 21 | 25,34 |
| Matahari | LB | 16 | 15 | 13 | 38 | 45 | 54 | 284 | 13 | 23 | 21 | 21 | 26,75 |
| PPR | LB | | | | 180 | 0 | 1 | | | | | | |
| PPR | B | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Matahari | B | 16 | 19 | 42 | 218 | 42 | 24 | 76 | 0 | 44 | 21 | 21 | 27,8 |
| Matahari | LB | 16 | 20 | 50 | 38 | 30 | 39 | 283 | 10 | 16 | 21 | 21 | 28,96 |
| PPR | LB | | | | 180 | 0 | 1 | | | | | | |

4.2 Hasil Perhitungan Azimut Metode Tinggi Matahari

4.2.1 Perhitungan Azimut PRF – GPS03

Pada 20 Maret 2016 pukul 16.22.25, pengamatan matahari pada posisi teropong biasa dengan data bacaan titik acuan $0^{\circ}0'0''$, horisontal $74^{\circ}36'16''$, dan bacaan zenith $71^{\circ}33'8''$. δ matahari $0^{\circ}2'58,46''$, ϕ pengamat $7^{\circ}16'36,847''$ LS, suhu pengamatan 31°C , dan tekanan $757,564$ mmHg. Azimut dihitung dengan cara:

$$\delta \text{ matahari} = 0^{\circ}2'5,46''$$

$$\text{Zenith} = 71^{\circ}33'8''$$

$$\text{Helling (hu)} = 18^{\circ}26'52''$$

$$\phi \text{ pengamat} = 7^{\circ}16'36,847'' \text{ LS}$$

Koreksi refraksi (dapat dilihat ditabel pada lampiran) = $173''$. Paralaks horisontal (dapat dilihat ditabel pada lampiran) = $8,4''$

$$C_p = \frac{P}{760} = \frac{757,564}{760} = 0,996794737$$

$$C_t = \frac{283}{273+t} = \frac{283}{273+31} = 0,930921053$$

$$\begin{aligned}\text{Maka, koreksi refraksinya} &= r_m \times C_t \times C_p \\ &= 173 \times 0,996794737 \\ &\quad \times 0,930921053 \\ &= 0^{\circ}2'40,53''\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Koreksi paralaknya} &= p_h \cos h_u \\ &= 8,4 \cos 18^{\circ}26'52'' \\ &= 0^{\circ}0'7,73''\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}h &= \text{helling} - \text{koreksi refraksi} + \text{koreksi paralaks} \\ &= 18^{\circ}26'52'' - 0^{\circ}2'40,53'' + 0^{\circ}0'7,73'' \\ &= 18^{\circ}24'19,19''\end{aligned}$$

$$\cos \alpha = \frac{\sin \delta - \sin \varphi \sin h}{\cos \varphi \cos h}$$

$$\cos \alpha = \frac{\sin 0^{\circ}2'58.46'' - \sin -7^{\circ}16'36.847'' \sin 18^{\circ}24'19.19''}{\cos -7^{\circ}16'36.847'' \cos 18^{\circ}24'19.19''}$$

$$\cos \alpha = 0,043411$$

$$\alpha = 87^{\circ}30'43,11''$$

$$\begin{aligned}\text{Azimut titik acuan} &= 360^{\circ} - (\psi - \alpha) \\ &= 360^{\circ} - (74^{\circ}36'16'' - 87^{\circ}30'43,11'') \\ &= 197^{\circ}53'0,96''\end{aligned}$$

Hal yang sama dilakukan untuk data yang telah diambil, sehingga diperoleh hasil pada tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Hasil perhitungan azimuth dengan metode tinggi matahari PRF – GPS03 sesi 1

| Target | Azimuth PRF - GPS03 | | | |
|--------|---------------------|---------|-------|-------|
| | Pukul | Derajat | Menit | Detik |
| GPS03 | 16.22.25 | 197 | 53 | 0,96 |
| | 16.23.20 | 197 | 43 | 51,36 |
| | 16.27.17 | 197 | 52 | 32,88 |
| | 16.28.15 | 197 | 52 | 50,88 |
| | 16.32.43 | 197 | 52 | 40,44 |
| | 16.34.11 | 197 | 52 | 56,28 |
| | 16.37.25 | 197 | 52 | 46,2 |
| | 16.39.32 | 197 | 52 | 50,88 |

Azimut PRF – GPS03 yang benar dari perhitungan dengan metode tinggi matahari, didapatkan hasil:

Rata – rata azimuth = **197°52'56,28"**

Standar deviasi = **±0°0'23,95"**

Tabel 4. 8 Hasil perhitungan azimuth dengan metode tinggi matahari PRF – GPS03 sesi 2

| Target | Azimuth PRF - GPS03 | | | |
|--------|---------------------|---------|-------|-------|
| | Pukul | Derajat | Menit | Detik |
| GPS03 | 15.55.32 | 197 | 53 | 1,32 |
| | 15.56.11 | 197 | 53 | 13,92 |
| | 16.00.52 | 197 | 53 | 17,88 |
| | 16.02.20 | 197 | 52 | 55,92 |
| | 16.05.45 | 197 | 53 | 2,4 |
| | 16.07.05 | 197 | 52 | 52,68 |
| | 16.11.15 | 197 | 52 | 49,8 |
| | 16.12.25 | 197 | 52 | 50,52 |
| | 16.15.32 | 197 | 53 | 18,96 |
| | 16.17.08 | 197 | 53 | 0,96 |

Azimut PRF – GPS03 yang benar dari perhitungan dengan metode tinggi matahari, didapatkan hasil:

$$\text{Rata – rata azimut} = 197^{\circ}53'1,32''$$

$$\text{Standar deviasi} = \pm 0^{\circ}0'11,50''$$

4.2.2 Perhitungan Azimut GPS03 – PPR

Tabel 4. 9 Hasil perhitungan azimut dengan metode tinggi matahari GPS03 – PPR sesi 1

| Target | Azimuth GPS03-PPR | | | |
|--------|-------------------|---------|-------|-------|
| | Pukul | Derajat | Menit | Detik |
| PPR | 15.53.42 | 86 | 34 | 49,37 |
| | 15.54.45 | 86 | 35 | 1,03 |
| | 15.56.13 | 86 | 35 | 0,35 |
| | 15.58.02 | 86 | 34 | 47,89 |
| | 15.59.10 | 86 | 35 | 5,6 |
| | 16.01.40 | 86 | 34 | 59,34 |
| | 16.02.54 | 86 | 35 | 13,16 |
| | 16.03.16 | 86 | 35 | 11,58 |
| | 16.05.08 | 86 | 35 | 0,02 |
| | 16.07.53 | 86 | 35 | 20,9 |
| | 16.08.48 | 86 | 35 | 25,98 |
| | 16.09.58 | 86 | 35 | 55,46 |

Azimut GPS03 – PPR yang benar dari perhitungan dengan metode tinggi matahari, didapatkan hasil:

$$\text{Rata – rata azimut} = 86^{\circ}35'2,94''$$

$$\text{Standar deviasi} = \pm 0^{\circ}0'18,88''$$

Tabel 4. 10 Hasil perhitungan azimut dengan metode tinggi matahari
GPS03 – PPR sesi 2

| Target | Azimuth GPS03-PPR | | | |
|--------|-------------------|---------|-------|-------|
| | Pukul | Derajat | Menit | Detik |
| PPR | 15.53.42 | 86 | 35 | 21,41 |
| | 15.54.45 | 86 | 35 | 9,28 |
| | 15.56.13 | 86 | 35 | 21,08 |
| | 15.58.02 | 86 | 36 | 1,58 |
| | 15.59.10 | 86 | 35 | 12,95 |
| | 16.01.40 | 86 | 35 | 10,03 |
| | 16.02.54 | 86 | 34 | 55,88 |
| | 16.03.16 | 86 | 35 | 24,54 |
| | 16.05.08 | 86 | 35 | 28,75 |
| | 16.07.53 | 86 | 35 | 47,62 |

Azimut GPS03 – PPR yang benar dari perhitungan
dengan metode tinggi matahari, didapatkan hasil:

Rata – rata azimut = **86°35'23,32"**

Standar deviasi = **±0°0'19,92"**

4.2.3 Perhitungan Azimut PPR – PLE

Tabel 4. 11 Hasil perhitungan azimut dengan metode tinggi matahari PPR – PLE sesi 1

| Target | Azimuth PPR-PLE | | | |
|--------|-----------------|---------|-------|-------|
| | Pukul | Derajat | Menit | Detik |
| PLE | 16.18.54 | 75 | 30 | 12,64 |
| | 16.20.17 | 75 | 29 | 44,02 |
| | 16.23.09 | 75 | 30 | 45,72 |
| | 16.24.26 | 75 | 30 | 14,94 |
| | 16.26.22 | 75 | 29 | 58,63 |
| | 16.27.50 | 75 | 29 | 55,18 |
| | 16.28.56 | 75 | 29 | 52,48 |
| | 16.30.25 | 75 | 30 | 39,1 |
| | 16.31.32 | 75 | 30 | 8,89 |
| | 16.32.45 | 75 | 30 | 1,22 |
| | 16.34.46 | 75 | 30 | 21,96 |
| | 16.35.57 | 75 | 30 | 17,6 |
| | 16.36.59 | 75 | 30 | 1,69 |
| | 16.38.01 | 75 | 30 | 16,16 |
| | 16.40.20 | 75 | 30 | 13,57 |
| | 16.41.56 | 75 | 28 | 34,93 |
| | 16.42.50 | 75 | 30 | 22,79 |
| | 16.43.56 | 75 | 30 | 13,07 |
| | 16.45.02 | 75 | 30 | 11,52 |
| | 16.46.21 | 75 | 30 | 16,96 |

Azimut GPS03 – PPR yang benar dari perhitungan dengan metode tinggi matahari, didapatkan hasil:

Rata – rata azimut = **75°30'7,15"**

Standar deviasi = **±0°0'26,3"**

Tabel 4. 12 Hasil perhitungan azimut dengan metode tinggi matahari PPR – PLE sesi 2

| Target | Azimuth GPS03-PPR | | | |
|--------|-------------------|---------|-------|-------|
| | Pukul | Derajat | Menit | Detik |
| PLE | 15.53.42 | 75 | 30 | 3,85 |
| | 15.54.45 | 75 | 30 | 5,51 |
| | 15.56.13 | 75 | 30 | 3,06 |
| | 15.58.02 | 75 | 30 | 3,78 |
| | 15.59.10 | 75 | 30 | 56,84 |
| | 16.01.40 | 75 | 31 | 1,52 |
| | 16.02.54 | 75 | 29 | 56,69 |
| | 16.03.16 | 75 | 30 | 2,2 |
| | 16.05.08 | 75 | 29 | 57,98 |
| | 16.07.53 | 75 | 29 | 36,2 |

Azimut GPS03 – PPR yang benar dari perhitungan dengan metode tinggi matahari, didapatkan hasil:

Rata – rata azimut = **75°30'10,76"**

Standar deviasi = **±0°0'19,97"**

4.3 Hasil Pengamatan Global Positioning System (GPS)

Pada pengamatan Global Positioning System (GPS), pengamatan dilakukan selama 2 sesi dengan interval yang berbeda, antara lain pada interval 30 menit, 1 jam, dan 2 jam. Dimana pada proses pengamatan GPS diikatkan CORS (*Continuously Operating Reference Stations*) ITS. Hasil pengamatan dan Azimut yang diperoleh dari pengamatan GPS, sebagai berikut :

a. Interval 30 menit

Tabel 4. 13 Koordinat Interval 30 Menit sesi 1

| Name | WGS84 Latitude | WGS84 Longitude |
|----------|-----------------|-------------------|
| PRF | 7°16'36,84742"S | 112°47'49,76014"E |
| PLE | 7°16'39,10454"S | 112°47'55,15704"E |
| GPS 03 | 7°16'39,90503"S | 112°47'48,77019"E |
| PPR | 7°16'39,65963"S | 112°47'52,99508"E |
| ITS CORS | 7°16'47,95465"S | 112°47'40,65034"E |

Tabel 4. 14 Azimut Interval 30 Menit sesi 1

| Nama | Azimut | | |
|-----------|---------|-------|-------|
| | Derajat | Menit | Detik |
| PRF-GPS03 | 197 | 54 | 55,30 |
| GPS03-PPR | 86 | 40 | 15,28 |
| PPR-PLE | 75 | 34 | 47,22 |

Tabel 4. 15 Koordinat Interval 30 Menit sesi 2

| Name | WGS84 Latitude | WGS84 Longitude |
|----------|-----------------|-------------------|
| PRF | 7°16'36,84740"S | 112°47'49,76018"E |
| PLE | 7°16'39,10458"S | 112°47'55,15706"E |
| GPS 03 | 7°16'39,90505"S | 112°47'48,77016"E |
| PPR | 7°16'39,65965"S | 112°47'52,99510"E |
| ITS CORS | 7°16'47,95473"S | 112°47'40,65032"E |

Tabel 4. 16 Azimut Interval 30 Menit sesi 2

| Nama | Azimut | | |
|-----------|---------|-------|-------|
| | Derajat | Menit | Detik |
| PRF-GPS03 | 197 | 54 | 58,78 |
| GPS03-PPR | 86 | 40 | 15,42 |
| PPR-PLE | 75 | 34 | 49,02 |

b. Interval 1 jam

Tabel 4. 17 Koordinat Interval 1 Jam sesi 2

| Name | WGS84 Latitude | WGS84 Longitude |
|----------|-----------------|-------------------|
| PRF | 7°16'36,84732"S | 112°47'49,76023"E |
| PLE | 7°16'39,10445"S | 112°47'55,15713"E |
| GPS 03 | 7°16'39,90496"S | 112°47'48,77018"E |
| PPR | 7°16'39,65958"S | 112°47'52,99515"E |
| ITS CORS | 7°16'47,95465"S | 112°47'40,65034"E |

Tabel 4. 18 Azimut Interval 1 Jam sesi 1

| Nama | Azimut | | |
|-----------|---------|-------|-------|
| | Derajat | Menit | Detik |
| PRF-GPS03 | 197 | 55 | 00,80 |
| GPS03-PPR | 86 | 40 | 16,48 |
| PPR-PLE | 75 | 34 | 44,10 |

Tabel 4. 19 Koordinat Interval 1 Jam sesi 2

| Name | WGS84 Latitude | WGS84 Longitude |
|----------|-----------------|-------------------|
| PRF | 7°16'36,84730"S | 112°47'49,76022"E |
| PLE | 7°16'39,10444"S | 112°47'55,15712"E |
| GPS 03 | 7°16'39,90498"S | 112°47'48,77017"E |
| PPR | 7°16'39,65960"S | 112°47'52,99516"E |
| ITS CORS | 7°16'47,95469"S | 112°47'40,65039"E |

Tabel 4. 20 Azimut Interval 1 Jam sesi 2

| Nama | Azimut | | |
|-----------|---------|-------|-------|
| | Derajat | Menit | Detik |
| PRF-GPS03 | 197 | 55 | 00,01 |
| GPS03-PPR | 86 | 40 | 16,54 |
| PPR-PLE | 75 | 34 | 40,95 |

c. Interval 2 jam

Tabel 4. 21 Koordinat Interval 2 Jam sesi 1

| Name | WGS84 Latitude | WGS84 Longitude |
|----------|-----------------|-------------------|
| PRF | 7°16'36,84737"S | 112°47'49,76013"E |
| PLE | 7°16'39,10444"S | 112°47'55,15705"E |
| GPS 03 | 7°16'39,90501"S | 112°47'48,77008"E |
| PPR | 7°16'39,65958"S | 112°47'52,99510"E |
| ITS CORS | 7°16'47,95465"S | 112°47'40,65034"E |

Tabel 4. 22 Azimut Interval 2 Jam sesi 1

| Nama | Azimut | | |
|-----------|---------|-------|-------|
| | Derajat | Menit | Detik |
| PRF-GPS03 | 197 | 55 | 00,80 |
| GPS03-PPR | 86 | 40 | 14,18 |
| PPR-PLE | 75 | 34 | 42,51 |

Tabel 4. 23 Koordinat Interval 2 Jam sesi 2

| Name | WGS84 Latitude | WGS84 Longitude |
|----------|-----------------|-------------------|
| PRF | 7°16'36,84736"S | 112°47'49,76012"E |
| PLE | 7°16'39,10443"S | 112°47'55,15714"E |
| GPS 03 | 7°16'39,90502"S | 112°47'48,77007"E |
| PPR | 7°16'39,65959"S | 112°47'52,99510"E |
| ITS CORS | 7°16'47,95467"S | 112°47'40,65029"E |

Tabel 4. 24 Azimut Interval 2 Jam sesi 2

| Nama | Azimut | | |
|-----------|---------|-------|-------|
| | Derajat | Menit | Detik |
| PRF-GPS03 | 197 | 55 | 00,41 |
| GPS03-PPR | 86 | 40 | 14,21 |
| PPR-PLE | 75 | 34 | 42,79 |

4.4 Hasil Perhitungan Azimut BM Referensi

Koordinat BM referensi diperoleh dari buku tugu ITS. Dimana koordinat BM referensi ini akan dihitung azimutnya dari dua titik BM referensi. Hasil perhitungan azimut dari dua titik BM referensi merupakan nilai azimut yang dianggap benar. Berikut data koordinat BM referensi dari buku tugu ITS :

Tabel 4. 25 Koordinat BM Referensi

| Name | WGS84 Latitude | WGS84 Longitude |
|----------|-----------------|-------------------|
| PRF | 7°16'36,84734"S | 112°47'49,76012"E |
| PLE | 7°16'39,10445"S | 112°47'55,15704"E |
| GPS 03 | 7°16'39,90502"S | 112°47'48,77006"E |
| PPR | 7°16'39,65959"S | 112°47'52,99508"E |
| ITS CORS | 7°16'47,95465"S | 112°47'40,65034"E |

Setelah dilakukan perhitungan azimuth dari dua koordinat BM referensi menggunakan persamaan vincenty, sehingga diperoleh hasil pada tabel 4.14

Tabel 4. 26 Azimut BM Referensi

| Nama | Azimut | | |
|-----------|---------|-------|-------|
| | Derajat | Menit | Detik |
| PRF-GPS03 | 197 | 55 | 0,62 |
| GPS03-PPR | 86 | 40 | 14,18 |
| PPR-PLE | 75 | 34 | 42,74 |

4.5 Perbandingan Hasil Perhitungan Koreksi Data

Pada penelitian ini dilakukan juga perbandingan hasil perhitungan koreksi data pada pengamatan matahari. Koreksi data yang dilakukan perbandingan adalah koreksi refraksi, dimana perbandingannya ditinjau dari suhu dan tekanan udara ketika pengamatan matahari dilakukan. Pada proses ini nilai refraksi menengah (rm) pada rumus 2.3, dianggap sama, dimana nilai refraksi menengahnya sebesar 173,0".

4.5.1 Ditinjau Dari Suhu Yang Sama

Tabel 4. 27 Hasil Perhitungan Koreksi Refraksi
Ditinjau Dari Suhu Yang Sama

| Pengamatan | Sesi | Data Koreksi Refraksi | | Koreksi | Perhitungan | Selisih |
|------------|------------|-----------------------|--------------------------|------------|---------------|-------------------|
| Azimut | Pengamatan | Suhu (°C) | Tekanan Udara (mm/Hg) | Refraksi | Azimut | Azimut (Detik) |
| PRF-GPS03 | 2 | 32 | 757,758 | 2´ 40,05 " | 197°52'56,28" | 5,67 |
| GPS03-PPR | 1 | | 757,339 | 2´ 39,96 " | 86°34'54,08" | 8,86 |
| GPS03-PPR | 2 | | 757,472 | 2´ 39,99 " | 86°35'18,46" | 4,86 |
| PPR-PLE | 2 | | 757,764 | 2´ 40,05 " | 75°30'10,76" | 2,84 |

Dari hasil perhitungan pada tabel 4.27 perbandingan koreksi refraksi ditinjau dari suhu yang sama dan tekanan udara yang berbeda, didapatkan koreksi refraksi yang sama sebesar 2'40,05" untuk pengamatan azimuth dan sesi yang berbeda. Sedangkan untuk pengamatan azimuth yang sama dengan sesi yang berbeda, didapatkan koreksi refraksi yang berbeda sebesar 2'39,96" dan 2'39,99".

Pada tabel 4.27 perhitungan azimuth dan selisih azimuth didapatkan dari azimuth hasil perhitungan pengamatan yang terbaik dan koreksi refraksi ditinjau dari suhu yang sama dengan dibandingkan pada hasil perhitungan azimuth metode tinggi matahari tiap sesinya.

4.5.2 Ditinjau Dari Tekanan Udara Yang Sama

Tabel 4. 28 Hasil Perhitungan Koreksi Refraksi
Ditinjau Dari Tekanan Udara Yang Sama

| Pengamatan | Kombinasi Sesi | Data Koreksi Refraksi | | Koreksi | Perhitungan | Selisih |
|------------|----------------|-----------------------|--------------------------|------------|--------------|-------------------|
| Azimut | Pengamatan | Suhu (°C) | Tekanan Udara (mm/Hg) | Refraksi | Azimut | Azimut (Detik) |
| GPS03-PPR | 2 | 32 | 757,339 | 2´ 39,96 " | 86°35'18,46" | 4,86 |
| PPR-PLE | 2 | 30 | | 2´ 29,93 " | 75°29'58,92" | 11,84 |

Dari hasil perhitungan pada tabel 4.28 perbandingan koreksi refraksi ditinjau dari tekanan udara yang sama dan suhu yang berbeda, didapatkan koreksi refraksi yang berbeda sebesar 2'39,96" dan 2'29,93" untuk pengamatan azimuth dan sesi yang sama.

Pada tabel 4.28 perhitungan azimuth dan selisih azimuth didapatkan dari azimuth hasil perhitungan pengamatan yang terbaik dan koreksi refraksi ditinjau dari suhu yang sama dengan dibandingkan pada hasil perhitungan azimuth metode tinggi matahari tiap sesinya.

4.6 Perbandingan Ketelitian Tiap Pengamatan

Pada penelitian ini dilakukan juga perbandingan ketelitian pengamatan matahari yang diperoleh dari pemaparan pada hasil perhitungan azimuth pengamatan metode tinggi matahari tiap sesi dan hasil perhitungan ketelitian pengamatan GPS dari dua sesi. Hasil perbandingan ketelitian tiap pengamatan ini dapat dilihat pada tabel 4.29 untuk pengamatan azimuth PRF-GPS03, tabel 4.30 untuk pengamatan azimuth GPS03-PPR, dan tabel 4.31 untuk pengamatan azimuth PPR-PLE.

Tabel 4. 29 Hasil Perbandingan Ketelitian Pengamatan PRF-GPS03

| Metode | Azimut PRF – GPS03 | | | Standar Deviasi (Detik) |
|-----------------------|--------------------|-------|-------|----------------------------|
| | Derajat | Menit | Detik | |
| Pengamatan Matahari | 197 | 52 | 56,28 | 23,95 |
| | 197 | 53 | 1,32 | 11,50 |
| GPS Interval 30 Menit | 197 | 54 | 55,3 | 2,46 |
| | 197 | 54 | 58,78 | |
| GPS Interval 1 Jam | 197 | 55 | 0,8 | 0,56 |
| | 197 | 55 | 0,01 | |
| GPS Interval 2 Jam | 197 | 55 | 0,8 | 0,28 |
| | 197 | 55 | 0,41 | |

Tabel 4. 30 Hasil Perbandingan Ketelitian Pengamatan GPS03-PPR

| Metode | Azimut GPS03 – PPR | | | Standar Deviasi (Detik) |
|-----------------------|--------------------|-------|-------|----------------------------|
| | Derajat | Menit | Detik | |
| Pengamatan Matahari | 86 | 35 | 2,94 | 18,88 |
| | 86 | 35 | 23,32 | 19,92 |
| GPS Interval 30 Menit | 86 | 40 | 15,3 | 0,08 |
| | 86 | 40 | 15,42 | |
| GPS Interval 1 Jam | 86 | 40 | 16,48 | 0,04 |
| | 86 | 40 | 16,54 | |
| GPS Interval 2 Jam | 86 | 40 | 14,18 | 0,02 |
| | 86 | 40 | 14,21 | |

Tabel 4. 31 Hasil Perbandingan Ketelitian Pengamatan PPR-PLE

| Metode | Azimut PPR – PLE | | | Standar Deviasi (Detik) |
|-----------------------|------------------|-------|-------|----------------------------|
| | Derajat | Menit | Detik | |
| Pengamatan Matahari | 75 | 30 | 7,15 | 26,3 |
| | 75 | 30 | 10,76 | 19,97 |
| GPS Interval 30 Menit | 75 | 34 | 47,22 | 1,27 |
| | 75 | 34 | 49,02 | |
| GPS Interval 1 Jam | 75 | 34 | 44,1 | 2,23 |
| | 75 | 34 | 40,95 | |
| GPS Interval 2 Jam | 75 | 34 | 42,51 | 0,20 |
| | 75 | 34 | 42,79 | |

4.7 Perhitungan Tingkat Ketelitian Terhadap Azimut BM Referensi

Dari pemaparan pada hasil perhitungan azimut pengamatan metode tinggi matahari, azimut BM referensi dan pengamatan GPS dapat dilakukan perhitungan ketelitian terhadap nilai azimut yang didapat. Perhitungan ketelitian yang dilakukan tidak melihat perbedaan hasil tetapi dinyatakan dengan *Root Mean Square (RMS) error*.

4.7.1 Perhitungan Ketelitian Nilai Azimut Melalui Pengamatan Matahari

Hasil dari perhitungan melalui pengamatan matahari yang dibandingkan dengan azimut BM Referensi. Hasil perhitungan ketelitiannya dapat dilihat dalam tabel 4.32.

Tabel 4. 32 Hasil Perbandingan Nilai Azimut Melalui Pengamatan Matahari

| Pengamatan Azimut | Azimut | | | RMSE (Detik) |
|----------------------|---------|-------|-------|-----------------|
| | Derajat | Menit | Detik | |
| PRF-GPS03 | 197 | 52 | 56,28 | 52,32 |
| | 197 | 53 | 1,32 | |
| GPS03-PPR | 86 | 35 | 2,94 | 425,99 |
| | 86 | 35 | 23,32 | |
| PPR-PLE | 75 | 30 | 7,15 | 387,2 |
| | 75 | 30 | 10,76 | |

4.7.2 Perhitungan Ketelitian Nilai Azimut Melalui Pengamatan GPS

Hasil dari perhitungan melalui pengamatan GPS yang dibandingkan dengan azimut BM Referensi. Hasil perhitungan ketelitian untuk azimut PRF-GPS03, azimut GPS03-PPR, dan azimut PPR-PLE dapat dilihat dalam tabel 4.33, 4.34, dan 4.35.

Tabel 4. 33 Hasil Perbandingan Nilai Azimut PRF-GPS03
Melalui Pengamatan GPS

| Interval Pengamatan | Azimut | | | RMSE (Detik) |
|------------------------|---------|-------|-------|-----------------|
| | Derajat | Menit | Detik | |
| 30 Menit | 197 | 54 | 55,3 | 5,63 |
| | 197 | 54 | 58,78 | |
| 60 Menit | 197 | 55 | 0,8 | 0,64 |
| | 197 | 55 | 0,01 | |
| 120 Menit | 197 | 55 | 0,8 | 0,28 |
| | 197 | 55 | 0,41 | |

Tabel 4. 34 Hasil Perbandingan Nilai Azimut GPS03-PPR
Melalui Pengamatan GPS

| Interval Pengamatan | Azimut | | | RMSE (Detik) |
|------------------------|---------|-------|-------|-----------------|
| | Derajat | Menit | Detik | |
| 30 Menit | 86 | 40 | 15,3 | 3,3 |
| | 86 | 40 | 15,42 | |
| 60 Menit | 86 | 40 | 16,48 | 1,67 |
| | 86 | 40 | 16,54 | |
| 120 Menit | 86 | 40 | 14,18 | 0,03 |
| | 86 | 40 | 14,21 | |

Tabel 4. 35 Hasil Perbandingan Nilai Azimut PPR-PLE Melalui Pengamatan GPS

| Interval Pengamatan | Azimut | | | RMSE (Detik) |
|------------------------|---------|-------|-------|-----------------|
| | Derajat | Menit | Detik | |
| 30 Menit | 75 | 34 | 47,22 | 7,71 |
| | 75 | 34 | 49,02 | |
| 60 Menit | 75 | 34 | 44,1 | 2,25 |
| | 75 | 34 | 40,95 | |
| 120 Menit | 75 | 34 | 42,51 | 0,23 |
| | 75 | 34 | 42,79 | |

4.7.3 Perhitungan Ketelitian Interval Per 10 Menit Tiap Metode

Hasil dari perhitungan ketelitian azimuth dengan interval 10 menit melalui pengamatan matahari dan pengamatan GPS yang dibandingkan dengan azimuth BM Referensi. Hasil perhitungan ketelitian azimuth interval 10 menit untuk azimuth PRF-GPS03, azimuth GPS03-PPR, dan azimuth PPR-PLE dapat dilihat dalam tabel 4.36, 4.37, dan 4.38.

Tabel 4. 36 Hasil Perbandingan Nilai Azimut PRF-GPS03 Interval 10 Menit

| Metode Pengamatan | Azimut | | | RMSE (Detik) |
|----------------------|---------|-------|-------|-----------------|
| | Derajat | Menit | Detik | |
| Tinggi Matahari | 197 | 50 | 34,08 | 289,70 |
| | 197 | 53 | 7,44 | |
| GPS | 197 | 54 | 52,50 | 11,78 |
| | 197 | 54 | 52,08 | |

Tabel 4. 37 Hasil Perbandingan Nilai Azimut GPS03-PPR Interval 10 Menit

| Metode Pengamatan | Derajat | Azimut | | RMSE (Detik) |
|----------------------|---------|--------|-------|-----------------|
| | | Menit | Detik | |
| Tinggi Matahari | 86 | 35 | 1,03 | 429,84 |
| | 86 | 35 | 19.72 | |
| GPS | 86 | 40 | 20,82 | 6,68 |
| | 86 | 40 | 13,45 | |

Tabel 4. 38 Hasil Perbandingan Nilai Azimut PPR-PLE Interval 10 Menit

| Metode Pengamatan | Derajat | Azimut | | RMSE (Detik) |
|----------------------|---------|--------|-------|-----------------|
| | | Menit | Detik | |
| Tinggi Matahari | 75 | 30 | 8.53 | 382,07 |
| | 75 | 30 | 16.67 | |
| GPS | 75 | 34 | 29,68 | 14,57 |
| | 75 | 34 | 49,20 | |

Pada interval 20 menit, hasil perhitungan ketelitian untuk azimut PRF-GPS03, azimut GPS03-PPR, dan azimut PPR-PLE dapat dilihat dalam tabel 4.39, 4.40, dan 4.41

Tabel 4. 39 Hasil Perbandingan Nilai Azimut PRF-GPS03 Interval 20 Menit

| Metode Pengamatan | Derajat | Azimut | | RMSE (Detik) |
|----------------------|---------|--------|-------|-----------------|
| | | Menit | Detik | |
| Tinggi Matahari | 197 | 50 | 34,08 | 289,70 |
| | 197 | 53 | 7,44 | |
| GPS | 197 | 54 | 52,50 | 11,78 |
| | 197 | 54 | 52,08 | |

Tabel 4. 40 Hasil Perbandingan Nilai Azimut GPS03-PPR Interval 20 Menit

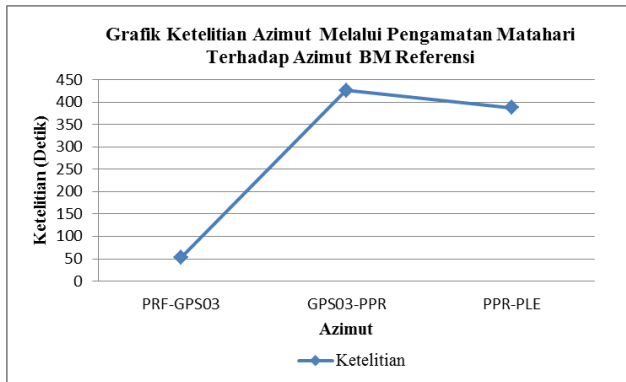
| Metode Pengamatan | Derajat | Azimut | | RMSE (Detik) |
|----------------------|---------|--------|-------|-----------------|
| | | Menit | Detik | |
| Tinggi Matahari | 86 | 35 | 1,03 | 429,84 |
| | 86 | 35 | 19,72 | |
| GPS | 86 | 40 | 20,82 | 6,68 |
| | 86 | 40 | 13,45 | |

Tabel 4. 41 Hasil Perbandingan Nilai Azimut PPR-PLE Interval 20 Menit

| Metode Pengamatan | Derajat | Azimut | | RMSE (Detik) |
|----------------------|---------|--------|-------|-----------------|
| | | Menit | Detik | |
| Tinggi Matahari | 75 | 30 | 8.53 | 382,07 |
| | 75 | 30 | 16.67 | |
| GPS | 75 | 34 | 29,68 | 14,57 |
| | 75 | 34 | 49,20 | |

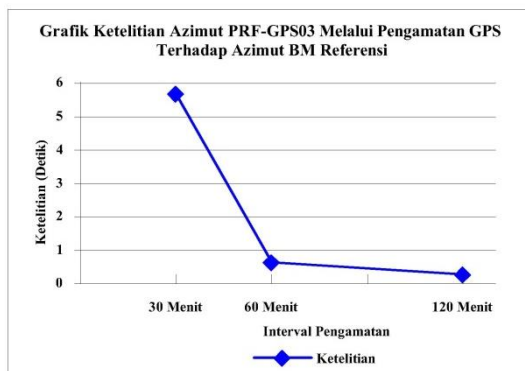
4.8 Analisa Ketelitian Nilai Azimut

Seperti yang dijelaskan sebelumnya, pada penelitian ini dilakukan perbandingan azimut melalui pengamatan matahari dan pengamatan GPS terhadap azimut BM referensi. Pada pembahasan kali ini akan digambarkan hubungan hasil perhitungan tingkat ketelitian tiap metode pengamatan. Masing – masing akan dijelaskan pada gambar 4.1 yang menjelaskan hubungan ketelitian azimut melalui pengamatan matahari, gambar 4.2, 4.3, dan 4.4 yang menjelaskan hubungan ketelitian azimut pengamatan GPS. Untuk gambar 4.5 menjelaskan hubungan tingkat ketelitian azimut interval 10 menit tiap metode pengamatan.



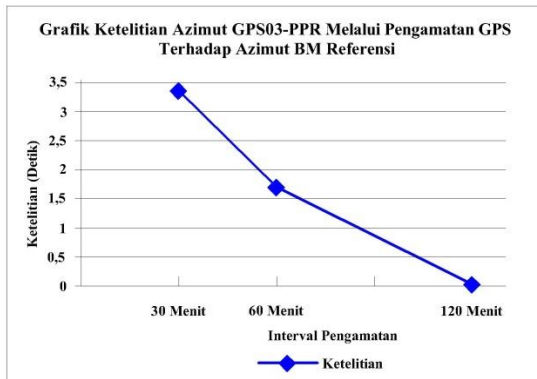
Gambar 4.1 Grafik Ketelitian Azimut Melalui Pengamatan Matahari Terhadap BM Referensi

Gambar 4.1 menyatakan hubungan nilai ketelitian azimut melalui pengamatan matahari terhadap azimut BM referensi yang diperoleh pada tabel 4.32. Dari gambar dapat diambil hasil ketelitian pada azimut PRF-GPS03 adalah 52,32", pada azimut GPS03-PPR adalah 425,99, dan pada azimut PPR-PLE adalah 387,2.



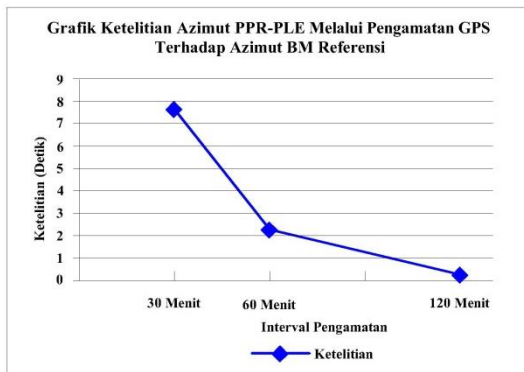
Gambar 4.2 Grafik Ketelitian Azimut PRF-GPS03 Terhadap BM Referensi

Gambar 4.2 menyatakan hubungan nilai ketelitian azimuth melalui pengamatan GPS terhadap azimuth BM referensi yang diperoleh pada tabel 4.33. Dari gambar dapat diambil hasil ketelitian pada interval waktu 30 menit adalah 5,63", pada interval waktu 1 jam adalah 0,64", dan pada interval waktu 2 jam adalah 0,28".



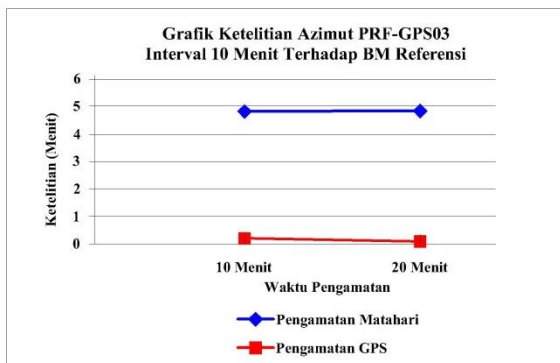
Gambar 4.3 Grafik Ketelitian Azimut GPS03-PPR Terhadap BM Referensi

Gambar 4.3 menyatakan hubungan nilai ketelitian azimuth melalui pengamatan GPS terhadap azimuth BM referensi yang diperoleh pada tabel 4.34. Dari gambar dapat diambil hasil ketelitian pada interval waktu 30 menit adalah 1,67", dalam interval waktu 1 jam adalah 3,3", dan pada interval waktu 2 jam adalah 0,03".

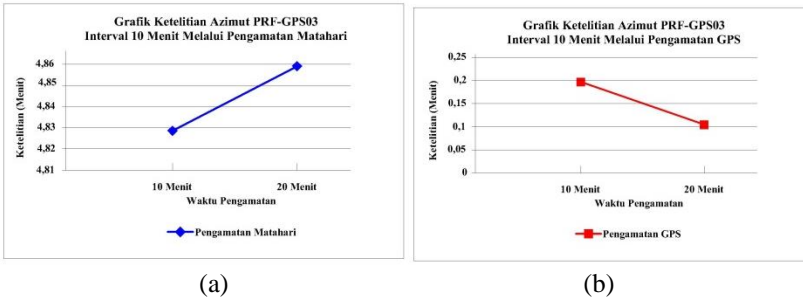


Gambar 4.4 Grafik Ketelitian Azimut PPR-PLE Terhadap BM Referensi

Gambar 4.4 menyatakan hubungan nilai ketelitian azimut melalui pengamatan GPS terhadap azimut BM referensi yang diperoleh pada tabel 4.35. Dari gambar dapat diambil hasil ketelitian pada interval waktu 30 menit adalah 7,71", dalam interval waktu 1 jam adalah 2,25", dan pada interval waktu 2 jam adalah 0,23".

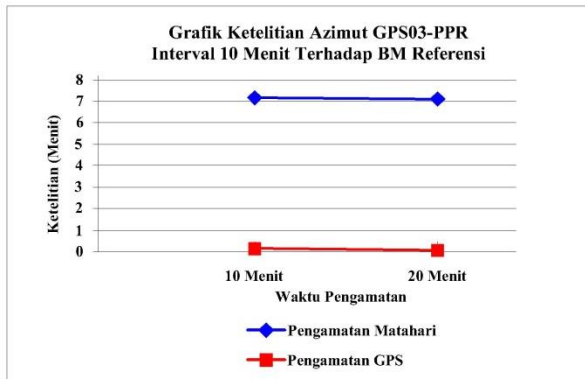


Gambar 4. 5 Grafik Keteltian Nilai Azimut PRF-GPS03 Interval Per 10 Menit Tiap Metode Terhadap Azimut BM Referensi

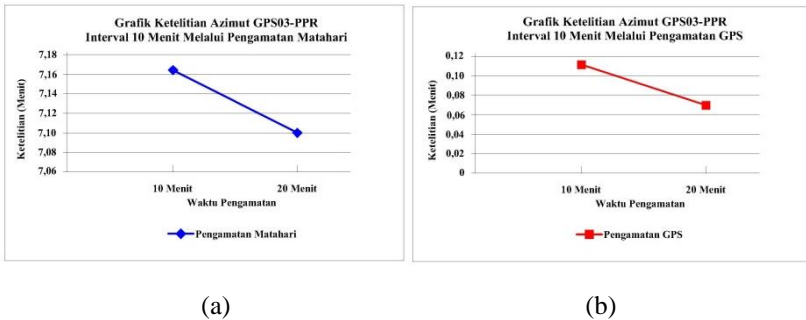


Gambar 4. 6 Grafik Ketelitian Nilai Azimut PRF-GPS03 Interval Per 10 Menit (a) Melalui Pengamatan Matahari dan (b) Melalui Pengamatan GPS

Gambar 4.5 menyatakan nilai ketelitian azimut dengan interval per 10 menit melalui pengamatan matahari dan pengamatan GPS yang dibandingkan dengan azimut BM Referensi, hasil pembahasan dari tabel 4.36 untuk pengamatan dengan interval 10 menit dan tabel 4.39 untuk pengamatan dengan interval 20 menit.

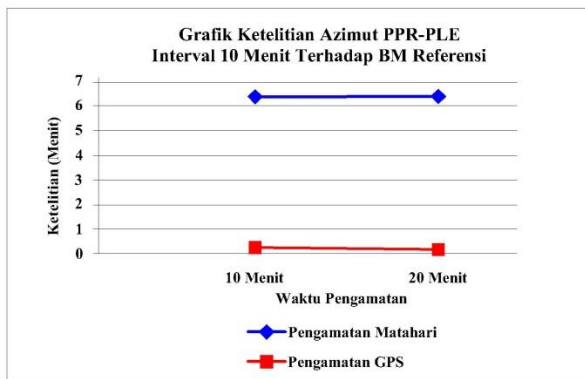


Gambar 4. 7 Grafik Ketelitian Nilai Azimut GPS03-PPR Interval Per 10 Menit Tiap Metode Terhadap Azimut BM Referensi

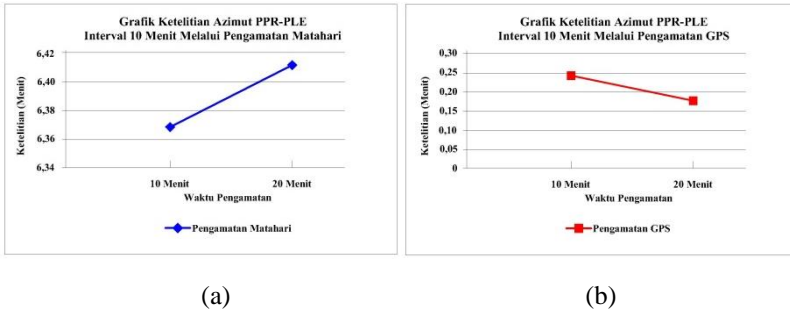


Gambar 4. 8 Grafik Ketelitian Nilai Azimut GPS03-PPR Interval Per 10 Menit (a) Melalui Pengamatan Matahari dan (b) Melalui Pengamatan GPS

Gambar 4.6 menyatakan nilai ketelitian azimut dengan interval per 10 menit melalui pengamatan matahari dan pengamatan GPS yang dibandingkan dengan azimut BM Referensi, hasil pembahasan dari tabel 4.37 untuk pengamatan dengan interval 10 menit dan tabel 4.40 untuk pengamatan dengan interval 20 menit.



Gambar 4. 9 Grafik Ketelitian Nilai Azimut PPR-PLE Interval Per 10 Menit Tiap Metode Terhadap Azimut BM Referensi

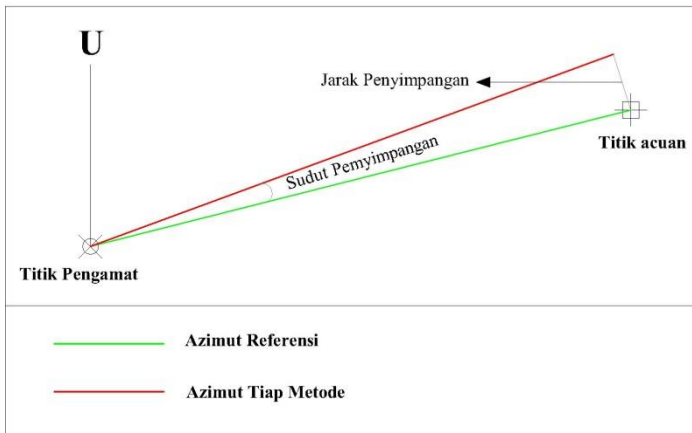


Gambar 4. 10 Grafik Ketelitian Nilai Azimut PPR-PLE Interval Per 10 Menit (a) Melalui Pengamatan Matahari dan (b) Melalui Pengamatan GPS

Gambar 4.5 menyatakan nilai ketelitian azimut dengan interval per 10 menit melalui pengamatan matahari dan pengamatan GPS yang dibandingkan dengan azimut BM Referensi, hasil pembahasan dari tabel 4.38 untuk pengamatan dengan interval 10 menit dan tabel 4.41 untuk pengamatan dengan interval 20 menit.

4.9 Jarak Penyimpangan Azimut Tiap Metode Terhadap Azimut BM Referensi

Akibat adanya selisih antara azimut tiap metode terhadap azimut BM referensi yang dianggap benar, menyebabkan terjadinya penyimpangan pula pada perpanjangan arah orientasi terhadap titik acuan BM referensi. Oleh karena itu, perlu dilakukan perhitungan lebih lanjut untuk mengetahui jarak penyimpangan tersebut.



Gambar 4.11 Ilustrasi Jarak Penyimpangan Azimut Tiap Metode Terhadap Azimut BM Referensi

Pada perhitungan untuk mengetahui besar jarak penyimpangan tersebut, dilakukan perhitungan yang dimana jarak dari tempat pengamat ke titik acuan dianggap memiliki jarak sepanjang 1 km, dan untuk sudut penyimpangannya didapatkan dari ketelitian azimuth tiap metode pengamatan terhadap azimuth BM referensi.

Tabel 4. 42 Jarak Penyimpangan Azimut PRF-GPS03 Terhadap Azimut BM Referensi

| Metode Pengamatan | Ketelitian Azimut (Detik) | Penyimpangan Jarak (m) |
|-------------------|---------------------------|------------------------|
| Tinggi Matahari | 52,32 | 0,254 |
| GPS 30 Menit | 5,63 | 0,027 |
| GPS 1 Jam | 0,64 | 0,003 |
| GPS 2 Jam | 0,28 | 0,001 |

Tabel 4. 43 Jarak Penyimpangan Azimut GPS03-PPR
Terhadap Titik Acuan BM Referensi

| Metode Pengamatan | Ketelitian Azimut (Detik) | Jarak Penyimpangan (m) |
|----------------------|------------------------------|---------------------------|
| Tinggi Matahari | 425,99 | 2,065 |
| GPS 30 Menit | 3,3 | 0,016 |
| GPS 1 Jam | 1,67 | 0,008 |
| GPS 2 Jam | 0,03 | 0 |

Tabel 4. 44 Jarak Penyimpangan Azimut PPR-PLE
Terhadap Titik Acuan BM Referensi

| Metode Pengamatan | Ketelitian Azimut (Detik) | Jarak Penyimpangan (m) |
|----------------------|------------------------------|---------------------------|
| Tinggi Matahari | 387,2 | 1,877 |
| GPS 30 Menit | 7,71 | 0,037 |
| GPS 1 Jam | 2,25 | 0,011 |
| GPS 2 Jam | 0,23 | 0,001 |

Dari hasil perhitungan jarak penyimpangan azimut tiap metode terhadap azimut BM referensi pada tabel 4.42, 4.43, dan 4.44. Dapat disimpulkan bahwa semakin kecil nilai ketelitian azimut dari sebuah pengamatan terhadap azimut BM referensi, semakin kecil juga jarak penyimpangannya. Sedangkan semakin besar nilai ketelitian azimut dari sebuah pengamatan, semakin besar juga jarak penyimpangannya dari azimut BM referensi.

"HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN"

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dalam penelitian tugas akhir ini, BM referensi didapatkan dari buku tugu ITS, sehingga kesimpulan yang dapat diambil sebagai berikut :

1. Nilai ketelitian pengamatan azimut dengan GPS untuk interval pengamatan 30 menit memiliki nilai rata – rata sebesar 5,55 detik, untuk interval pengamatan 1 jam memiliki nilai rata – rata sebesar 1,52 detik, dan untuk interval pengamatan 2 jam memiliki nilai rata – rata sebesar 0,18 detik terhadap nilai azimut dari 2 titik BM referensi, sedangkan dengan menggunakan metode matahari yang terendah 11,5 detik dan yang tertinggi 26,3 detik.
2. Ketelitian nilai azimut dari pengamatan matahari dengan menggunakan alat *Electronic Digital Theodolite* memiliki nilai sebesar 52,32 detik untuk azimut PRF-GPS03, untuk azimut GPS03-PPR memiliki nilai sebesar 7 menit 5,99 detik, dan untuk azimut PPR-PLE memiliki nilai sebesar 6 menit 27,2 detik terhadap nilai azimut dari 2 titik BM referensi.
3. Ketelitian nilai azimut dari pengamatan GPS memiliki nilai sebesar 2,18 detik untuk azimut PRF-GPS03, untuk azimut GPS03-PPR memiliki nilai sebesar 1,67 detik, dan untuk azimut PPR-PLE memiliki nilai sebesar 3,39 detik terhadap nilai azimut dari 2 titik BM referensi.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat penulis sampaikan untuk penelitian yang lebih lanjut adalah :

1. Untuk penelitian selanjutnya, pengamatan metode tinggi matahari dilakukan pengamatan dengan waktu yang lebih

lama dan dilengkapi dengan kronometer (jam teliti) yang telah terkalibrasi untuk melengkapi hasil penelitian.

2. Untuk penelitian selanjutnya, lokasi pengamatan diusahakan di lokasi yang terbuka untuk memperkecil kesalahan sistematis dari masing – masing metode pengamatan azimut.
3. Untuk penelitian selanjutnya, penelitian ini akan lebih baik apabila menggunakan tabel almanak matahari yang terbaru.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. (2007). *Geodesi Satelit*. Jakarta: Pradriya Paramita.
- Basuki, S. (2006). *Ilmu Ukur Tanah*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Brinker, C. R. (1986). *Dasar - Dasar Pengukuran Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Direktur Jendral Perhubungan Udara. (2002). *Keputusan Direktur Jendral Perhubungan Udara Tentang Petunjuk Pelaksanaan Pembuatan Daerah Lingkungan Kerja Bandar Udar (DLKr)*. Dipetik Desember 29, 2016, dari Direktorat Jendral Perhubungan Udara: hubud.dephub.go.id
- Frick, H. (1979). *Ilmu dan Alat Ukur Tanah*. Jakarta: Kanisius.
- Ghilani, C. D., & Wolf, P. R. (2012). *Elementary Surveying An Introduction to Geomatics 13th Edition*. New Jersey: Pearson.
- Kartawiharja, I. (1988). *Penentuan Asimut Dengan Pengamatan Matahari*. Yogyakarta: Kanisius.
- Kustarto, D., & Hartanto, J. (2012). *Ilmu Ukur Tanah Metode dan Aplikasi Bagian Kedua*. Malang: Dioma.
- Prawiro, Y., M., T., & Muhamadi, M. (2009). Penentuan Azimut Pada Pengamatan Bintang Dengan Metode Diurnal Circle. *GEOID*.
- Purwaamijaya, I. M. (2008). *Teknik Survei dan Pemetaan untuk Sekolah Menengah Kejuruan (2 ed.)*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

- Rainsford, H. (1955). Long Geodesics on the Ellipsoid. *Bulletin Geodesique*, 12-21.
- Sinaga, J. (1977). *Pedoman Posisi dan Azimuth Astronomi Geodesi*. Bandung: ITB.
- Villanueva, K. (1981). *Pengantar Kedalam Astronomi Geodesi*. Bandung: ITB.
- Vincenty, T. (1975). *Direct and Inverse Solutions of Geodesics on The Ellipsoid with Application of Nested Equations*. Survey Review XXII. 176.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Spesifikasi *Electronic Digital Theodolite* SOKKIA DT510A



Telescope

| | |
|--------------------------------|------------------------------|
| Length | : 165mm |
| Objective aperture | : 45mm |
| Resolving power | : 3" |
| Field of view | : 1°30' (26m/1,000m) |
| Minimum focus | : 0.9m from telescope center |
| Stadia multiplication constant | : 100 |
| Stadia additive constant | : 0 |

Angle measurement

| | |
|-----------------------------|---|
| Display unit | : Degree/Gon/Mil, selectable |
| Display resolutions | : 1"/5", 0.2/1mg, 0.005/0.02mil, selectable |
| Accuracy (ISO 17123-3:2001) | : 5"/1.5mg/0.025mil |

| | | |
|------------------|---|--|
| Measuring mode H | : | Clockwise, Counterclockwise, selectable. Hold, 0-set, available |
| Measuring mode V | : | zenith 0 / Horizontal 0 / Horizontal 0± / % of slope, selectable |

General

| | | |
|-------------------------------------|---|----------------------------|
| Sensitivity of levels plate level | : | 40"/2mm |
| Sensitivity of circular plate level | : | 10'/2mm |
| Operating temperature | : | -20 to +50°C |
| Dust and water protection | : | IP66 (IEC 60529:1989) |
| Instrument height | : | 236mm from tribrach bottom |
| Size with handle | : | W165 x D165 x H341mm |
| Weight with handle | : | 4.5kg |

Power supply

| | | |
|--|---|----------------------|
| Battery | : | Lr14/C batteries x 2 |
| Continuous use with alkaline batteries at 25°C | : | Approx. 110 hours |

Lampiran 2

Spesifikasi *Receiver GPS Geodetic Dual frequency* Topcon Hiperpro



| | |
|-----------------------------------|---|
| Description | : 40 channel integrated GPS + receiver/antenna with MINTER interface |
| <u>Tracking Specifications</u> | |
| Tracking Channels, standart | : 40 L1 GPS (20 GPS L1 + L2 on Cinderella days) 20 GPS L1 + L2 (GD), GPS L1, |
| Tracking Channels, optional | : GLONASS (GG), 20 GPS L1 + L2 + GLONASS (GGD) |
| Signal Tracked | : L1/L2/ C/A and P Code & Carrier and GLONASS |
| <u>Performance Specifications</u> | |
| Statis, Rapid Static | : H : 3 mm + 0.5 ppm : V : 5 mm + 0.5 ppm |

RTK : H : 10 mm + 1 ppm
: V : 15 mm + 1 ppm

Power Specifications

Battery : Internal Lithium-Ion batteries for up to
14+ hours of operation (10 hrs TX)
External power input : 6 to volts DC
Power consumption : Less than 4.2 watts

GPS + Antenna Specifications

GPS/GLONASS Antenna : Integrated
Ground Plane : Integrated flat ground plane
Radio Antenna : Center-mount UHF Antenna

Radio Specifications

Radio type : Internal Tx/Rx UHF (Selectable
frequency range)
Power Output : 1.0W/0.25W (selectable)

I/O

Communication Ports : 2x serial (RS232)
Other I/O Signals : 1 pps, Event maker
Status Indicator : 4x3-color LED"s, Two-function Keys
(minter)
Control & Display Unit : External Field Controller

Memory and Recording

Internal Memory : Up to 128 MB
Data Update Rate : Up to 20 times per second (20 Hz)
Data Type : Code and Carrier from L1 and L2, GPS
and GLONASS

Data Input / Output

Real time data outputs : RTCM SC104 ver 2.1, 2.2, 2.3, 3.0,
CMR, CMR+

ASCII Outputs : NMEA 0183 version 3.0
Other Outputs : TPS format
Output Rate : Up to 20 times per second (20Hz)

Environmental Specifications

Enclosure : Aluminum extrusion, waterproof
Operating temperature : -30 C to 55 C
Dimensions : W: 159 x H: 172 x D: 88 mm
Weight : 1.65 kg

Description : 40 channel integrated GPS +
receiver/antenna with MINTER
interface

Tracking Specifications

Tracking Channels, standard : 40 L1 GPS (20 GPS L1 + L2 on
Cinderella days)
20 GPS L1 + L2 (GD), GPS L1,
Tracking Channels, optional : GLONASS (GG), 20 GPS L1 + L2 +
GLONASS (GGD)
Signals Tracked : L1/L2/ C/A and P Code & Carrier and
GLONASS

"HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN"

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kabupaten Gresik, 26 Juni 1994, merupakan anak ketiga dari 4 bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di TK Dharwa Wanita, SD Muhammadiyah 1 Gresik, kemudian melanjutkan ke SMPN 2 Gresik dan SMA NU 1 Gresik. Setelah lulus dari SMA, penulis melanjutkan kuliah S-1 dengan mengikuti program SNMPTN jalur tulis dan diterima di Teknik Geomatika – FTSP, ITS pada tahun 2012 terdaftar dengan NRP 3512 100

068. Disamping penulis aktif dalam perkuliahan, penulis juga aktif dalam keanggotaan himpunan mahasiswa jurusan yaitu HIMAGE-ITS (Himpunan Mahasiswa Geomatika ITS) dari tahun kepengurusan 2013/2014 sampai dengan 2014/2015. Penulis juga aktif mengikuti beberapa kepanitian, seminar dan pelatihan yang diadakan di kampus seperti Geolympic, Seminar Nasional dan LKMM. Pada awal tahun 2016, penulis mengambil judul penelitian bidang kajian geodesi surveying dengan judul “Studi Perbandingan Ketelitian Nilai Azimut Melalui Pengamatan Matahari dan *Global Positioning System* (GPS) Terhadap Titik BM Referensi (Studi Kasus : Kampus ITS Sukolilo)”.

"HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN"